۳۰

نشریه علمی - پژوهشی

بـوم شنـاسی کشاورزی (فصلنامه)

جلد ۸ شماره ۴

زمستان ۱۳۹۵

شاپا: ۲۰۰۸-۷۷۱۳

30

Journal of Agroecology (Quarterly)

Ferdowsi University of Mashhad

Vol. 8 No. 4

Winter 2016

ISSN: 2008-7713

عنوان مقالات

مطالعه عملکرد کمی و کیفی و نسبت برابری زمین آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در سری‌های کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) ۴۹۰
جواد حمزه‌ئی و مجید بابائی

بررسی مدل مناسب تعیین نیاز آبی زعفران (*Crocus sativus* L.) و تعیین میزان تنش‌های آبی وارده ۵۰۵
محسن احمدی، عباس خاشعی سیوکی و محمد حسن سیاری

تأثیر قطع آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی اسپرمیدین بر کمیت و کیفیت اسانس سه توده زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) ۵۲۱
سارا باختری، غلامرضا خواجویی نژاد و قاسم محمدی نژاد

اثر بقایای گیاهی و سطوح عناصر غذایی پرمصرف بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) ۵۳۶
فاطمه خمدی، موسی مسگرباشی، پیمان حسیبی، معصومه فرزانه و نعیمه عنایتی ضمیر

تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری ۵۵۱
حمیدرضا فنایی، اقدس ازمل و عیسی پیری

اثر دو گونه قارچ میکوریزا و سطوح مختلف اسیدهیومیک و کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) ۵۶۷
حمیده ویسی، غلامرضا حیدری و یوسف سهرابی

اثر ورمی‌کمپوست و تلقیح میکوریزا بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی سویا (*Glycine max* L.) تحت شرایط تنش کم‌آبی ۵۸۳
الهام جهانگیری نیا، عطاءاله سیادت، احمد کوچک زاده، منوچهر سیاح‌فر و محمدرضا مرادی تلاوت

بررسی مدیریت کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) ۵۹۸
پرویز رضوانی‌مقدم، سید محمد سیدی و مسعود آزاد

ارزش اقتصادی خدمات بوم‌نظام‌های تولیدی گندم (*Triticum aestivum* L.) استان خراسان رضوی ۶۱۲
علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی، افسانه امین غفوری، منصوره محلوجی راد و فرنوش فلاح پور

بررسی تأثیر پرایمینگ بذر و نشاءکاری بر برخی صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت فوق شیرین (*Zea mays* L. var. saccharata) ۶۲۸
متین حقیقی خواه، محمد خواجه حسینی، مهدی نصیری محلاتی و سعید خاوری خراسانی

نشریه علمی - پژوهشی بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه) جلد ۸ شماره ۴ زمستان ۱۳۹۵ Vol. 8 No. 4 Winter 2016 Journal of Agroecology (Quarterly)

Contents

Quality and Quantity of Yield and Land Equivalent Ratio of Sunflower in Intercropping Series with Bean 490
J. Hamzei and M. Babaei

Comparison of Efficiency of Different Equations to Estimate the Water Requirement in Saffron (*Crocus sativus* L.) (Case Study: Birjand plain, Iran) 505
M. Ahmadee, A. Khashei Siuki and M.H. Sayyari

The Effect of Irrigation Cut-off in Flowering Stage and Foliar Application of Spermidine on Essential Oil Quantity and Quality of Three Ecotypes of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) 521
S. Bakhtari, G.R. Khajoei Nejad and G. Mohamadi Nejad

The Effect of Crop Residue and Different NPK Fertilizer Rates on yield Components and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.) 536
F. Khamady, M. Mesgarbashy, P. Hassiby, M. Farzaneh and N. Enayatzamir

Effect of Biological and Chemical Fertilizers on Oil, Seed Yield and some Agronomic Traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Different Irrigation Regimes 551
H.R. Fanaei, A. Azmal and I. Piri

The Effect of Mycorrhizal Fungi and Humic Acid on Yield and Yield Components of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) 567
H. Veysi, G.R. Heidari and Y. Sohrabi

The Effect of Vermicompost and Mycorrhizal Inoculation on Grain Yield and some Physiological Characteristics of Soybean (*Glycine max* L.) under Water Stress Condition 583
E. Jahangiri Nia, A. Syyadat, A. Koochakzadeh, M. Sayyahfar and M.R. Moradi Telavat

The Effect of Different Fertilizer Management on Yield and Yield Components of Black Seed (*Nigella sativa* L.) 598
P. Rezvani Mogaddam, S.M. Seyedi and M. Azad

Economic Value of Agroecosystem Services within Wheat (*Triticum aestivum* L.) Fields in Khorasan Razavi Province 612
A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati, A. Amin Ghafouri, M. Mahlojirad and F. Fallahpour

The Effect of Seed Priming and Transplanting on Morphological Characteristics, Yield and Yield Components of Super Sweet Corn (*Zea mays* L. var. saccharata) 628
M. HaghighiKhah, M. Khajeh Hosseini, M. Nassiri Mahallati and S. Khavari Khorasani

نشریه بوم شناسی کشاورزی (فصلنامه)
دانشگاه فردوسی مشهد

با شماره پروانه 89/22515 مورخه 89/9/28 از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی
درجه علمی پژوهشی شماره 89/3/11/52479 مورخه 89/9/8 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری

جلد 8 شماره 4 زمستان 1395

صاحب امتیاز و ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
سردبیر: دکتر پرویز رضوانی مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

اعضای هیات تحریریه (به‌ترتیب حروف الفبا)
دکتر گودرز احمدوند، دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
دکتر محمدرضا چائی چی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران
دکتر سرور خرم دل، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر عادل دباغ محمدی‌نسب، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
دکتر پرویز رضوانی‌مقدم، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر احمد زارع فیض‌آبادی، استاد مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی
دکتر سعید زهتاب سلماسی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
دکتر رضا قربانی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر علیرضا کوچکی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر محمد گلوی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل
دکتر مهدی نصیری‌محلاتی، استاد دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر داخلی: دکتر سرور خرم‌دل، استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد
شمارگان: 20 نسخه
قیمت: 5000 ریال (دانشجویان 2500 ریال)

نشانی: مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، دفتر نشریه بوم شناسی کشاورزی، صندوق پستی: 91775-1163
تلفن: 051-38804654 **نمابر:** 051-38787430
پست الکترونیکی: agroecology@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت مجله به آدرس زیر بصورت مقاله کامل نمایه شده است.
http://agry.um.ac.ir/index.php/agroecology

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:
پایگاه استنادی جهان اسلام (ISC) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی (SID) بانک اطلاعات نشریات کشور (MAGIRAN)

بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

مطالعه عملکرد کمی و کیفی و نسبت برابری زمین آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در سری‌های کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) 490

جواد حمزه‌ئی و مجید بابائی

بررسی مدل مناسب تعیین نیاز آبی زعفران (*Crocus sativus* L.) و تعیین میزان تنش‌های آبی وارده 505

محسن احمدی، عباس خاشعی سیوکی و محمد حسن سیاری

تأثیر قطع آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی اسپرمیدین بر کمیت و کیفیت اسانس سه توده زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) 521

سارا باختری، غلامرضا خواجویی نژاد و قاسم محمدی نژاد

اثر بقایای گیاهی و سطوح عناصر غذایی پرمصرف بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) 536

فاطمه خمدی، موسی مسگرباشی، پیمان حسیبی، معصومه فرزانه و نعیمه عنایتی ضمیر

تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری 551

حمیدرضا فنایی، اقدس ازمل و عیسی پیری

اثر دو گونه قارچ میکوریزا و سطوح مختلف اسیدهیومیک و کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) 567

حمیده ویسی، غلامرضا حیدری و یوسف سهرابی

اثر ورمی‌کمپوست و تلقیح میکوریزا بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی سویا (*Glycine max* L.) تحت شرایط تنش کم‌آبی 583

الهام جهانگیری نیا، عطاءاله سیادت، احمد کوچک زاده، منوچهر سیاح‌فر و محمدرضا مرادی تلاوت

بررسی مدیریت کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) 598

پرویز رضوانی‌مقدم، سید محمد سیدی و مسعود آزاد

ارزش اقتصادی خدمات بوم‌نظام‌های تولیدی گندم (*Triticum aestivum* L.) استان خراسان رضوی 612

علیرضا کوچکی، مهدی نصیری محلاتی، افسانه امین غفوری، منصوره محلوجی راد و فرنوش فلاح پور

بررسی تأثیر پرایمینگ بذر و نشاءکاری بر برخی صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت فوق شیرین (*Zea mays* L. var. saccharata) 628

متین حقیقی خواه، محمد خواجه حسینی، مهدی نصیری محلاتی و سعید خاوری خراسانی

اسامی ارزیابان جلد 8 شماره4(زمستان 1395) نشریه بوم شناسی کشاورزی

دکتر بهروز اسماعیل پور	دانشگاه محقق اردبیلی
دکتر شهرام امیرمرادی	دانشگاه پیام نور
دکتر محمدبهزاد امیری	مجتمع آموزش عالی گناباد
دکتر نادر پیرمرادیان	دانشگاه گیلان
دکتر محمدجواد ثقه الاسلامی	دانشگاه بیرجند
دکتر محسن جهان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر علیرضا خداشناس	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر سرور خرم دل	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر اسماعیل رضائی چیانه	دانشگاه ارومیه
دکتر سید محمد سیدی	پژوهشکده زعفران
دکتر ابراهیم شریفی عاشورآبادی	مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور
دکتر الهام عزیزی	دنشگاه پیام نور
دکتر امین علیزاده	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر یاسر علیزاده	دانشگاه ایلام
دکتر حمیدرضا فلاحی	دانشگاه بیرجند
دکتر حسن فیضی	دانشگاه تربت حیدریه
دکتر کاظم قاسمی گلعذانی	دانشگاه تبریز
دکتر امیر لکزیان	دانشگاه فردوسی مشهد
دکتر ابوالفضل مجنونی هریس	دانشگاه تبریز
دکتر روح اله مرادی	دانشگاه باهنر کرمان
دکتر سید محسن موسوی نیک	دانشگاه زابل
دکتر مهدی نصیری محلاتی	دانشگاه فردوسی مشهد

Introduction to the Persian Journal of Agroecology

It is very appropriate that a new Journal of Agroecology has appeared in a part of the world that history tells us is where some of the earliest organized crop farmers and animal managers in the world first began their work. The traditional farmers of the Persian region are famous for their ability to design and manage sustainable agroecosystems, making them some of the first agroecologists. Their extensive knowledge about water conservation, dryland farming, irrigation, crop and animal domestication, to name a just few of their abilities, have long served as models of wise natural resource management under limiting environmental conditions.

Traditional agroecosystems have developed in the region that are complex systems of interrelated activities focused on the work of each household unit, and their relationships with local communities. Crop farming, animal husbandry, and local handicrafts all combine to provide year-round participation of the entire family. A large variety of animal and plant products, available throughout the year, provide food security that withstands major environmental limitation (especially from drought) and socio-economic uncertainty (especially from market fluctuations). But perhaps most importantly, many farmers of the region live and work within the limitations of the ecological backdrop within which they are located, using local resources and inputs. The ecological and social sustainability of agriculture in such systems is strongly interdependent.

But modern agriculture in the region, as in most parts of the world today, is rapidly displacing this local, traditional knowledge. New sources of energy and technology, most often dependent on non-renewable and costly external inputs, have helped raise yields dramatically. A strong focus has been placed on production for distribution to distant markets that are not in touch with the local understanding of the limits to agroecosystem design and management.

Over the past few decades, the long-term costs and liabilities of the introduction of these modern farming techniques have been documented. Soil and water degradation, loss of agricultural biodiversity, contamination of air and water by pesticides and fertilizers, and increased pest and disease resistance to agrichemicals, are just a few of the environmental problems faced by agriculture today. And the loss of productive agricultural land to urban and industrial development, the displacement of farmers from the land to the cities, and the frequent hunger and poverty in rural regions have become all too common problems on the social side of agriculture.

This journal offers a forum for the re-building of a sustainable agriculture for the region. Using the ecological concepts and principles, local agroecologists can provided a firm foundation for designing and managing the sustainable agriculture of the future. On the one hand, agroecological studies of traditional agriculture can point out the strengths and values of local knowledge. On the other hand, an agroecological analysis of modern agriculture can point out both the strengths as well as the weaknesses of new technologies. A combination of local knowledge and new understanding, all tested by an analysis of sustainability, can once again provide the natural resource conserving, economically sound, and socially equitable agriculture needed for the future.

I congratulate Dr. Alireza Koocheki and Dr. Reza Ghorbani of the Faculty of Agriculture at Ferdowsi University in Mashhad, Iran, for this big step forward for agroecology and sustainable food systems. They are both pioneers in this field and a valuable example for students and farmers of the region.

Steve Gliessman
Ruth and Alfred Heller Professor of Agroecology
University of California, Santa Cruz
March 2010

سخن سردبیر

در حال حاضر بوم‌نظام‌های تولید غذا در جهان با اتکاء به دستاوردهای حاصل از تکنولوژی‌های جدید، توانسته است از دیدگاه کمی غذای مورد نیاز جمعیت کره زمین را تولید نماید، ولی از نظر کیفی هنوز بیش از یک میلیارد و دویست میلیون نفر در گرسنگی یا سوء تغذیه بسر می‌برند و این در حالی‌ست که بوم‌نظام‌های فعلی تولید غذا با مشکلات بسیاری از جمله فرسایش خاک، بحران آب، تخریب زمین‌های حاصلخیز، مقاومت علف‌های هرز و آفات به علف‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها، طغیان آفات و بیماری‌های ناشی از تداوم بوم‌نظام‌های تک کشتی، اثرات منفی حاصل از انتشار گازهای گلخانه‌ای بدلیل استفاده از تکنولوژی‌های مدرن وابسته به سوخت‌های فسیلی در تولید غذا با چالش‌های فراوانی روبرو است. بدون تردید ادامه چنین روندی پایدار نیست و در نتیجه تولید مواد غذایی به شکل فعلی آن نمی‌تواند ادامه داشته باشد.

به همین دلیل امروزه دیدگاه‌های جهانی نسبت به تولید غذا و فعالیت‌های کشاورزی به سرعت در حال تغییر است. موضوع تولیدات کشاورزی و غذا از نوع صرفاً فنی به موضوعی کاملاً پیچیده از ابعاد زیست‌محیطی، اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی و سیاسی تبدیل شده است. علاوه بر آن، عقیده بر این است خدمات یک بوم‌نظام تنها آن چیزی نیست که بطور مستقیم تولید می‌کند، بلکه خدمات مجازی یا پنهان آن می‌تواند ارزشی به مراتب فراتر از تولید مستقیم آن داشته باشد. به همین دلیل اصطلاحاً کشاورزی را نیز باید از ابعاد چند کارکردی نگریست و در قالب محیط زیست آن را مدیریت کرد و منابع زیست محیطی آن را افزایش داد. برای رسیدن به این هدف به نظر می‌رسد طراحی مجددی را برای بوم‌نظام‌های کشاورزی ضروری باشد.

بوم‌شناسی کشاورزی علمی جامع و همه‌جانبه نگر بوده و کلیه جنبه‌های فرآیند تولید غذا از زنجیره تولید تا مصرف را مورد نظر دارد. بدون تردیده بهره‌گیری از مبانی بوم‌شناختی در تولید مواد غذایی نه تنها شناخت بیشتری را می‌طلبد، بلکه فرآیندی درازمدت و با ثبات بوده و برای ارزیابی آن باید مقیاس زمانی طولانی‌تری را مدنظر قرار داد. طراحی بوم‌نظام‌های کشاورزی بر چنین مبانی، مراحل مختلفی از جمله مرحله بالابردن کارآیی و بهره‌وری نهاده‌ها، جایگزینی عملیات و نهاده‌های بوم سازگار و در نهایت، مرحله تجدید ساختار بوم‌نظام را دربردارد. به نظر می‌رسد که پیمودن چنین راهی جز با تغییر نگرش‌ها و بازتعریف مفاهیم رایج در فرآیندی تدریجی میسر نخواهد بود.

نشریه بوم شناسی کشاورزی هنوز در ابتدای راه موفقیت قرار دارد. هدف دست اندرکاران نشریه در سال جاری و سال‌های آینده بهبود کمی و کیفی مقالات منتشر شده و اقدام در جهت نمایه نمودن نشریه در فهرست مجلات ISI می‌باشد، لذا راهنمای نگارش مقالات مطابق با استانداردهای اعلام شده آن مؤسسه باشد.

بدیهی است که ادامه و پیشرفت کمی و کیفی یک مجله به ارتباط علمی با تمامی همکاران گرامی دانشگاهی، پژوهشگران محترم مراکز پژوهشی، دانشجویان عزیز و سایر علاقمندان علم بوم‌شناسی کشاورزی و استفاده از رهنمودها و تجارب ارزشمند آنها بستگی دارد. لذا از کلیه عزیزان دعوت می‌شود تا با ارسال نتایج ارزشمند تحقیقاتی خود و کمک در داوری مقالات ما را جهت پُر بارتر کردن مطالب مجله، یاری دهند. از خوانندگان محترم درخواست می‌گردد با ارسال انتقادات و پیشنهادات سازنده خود، ما را در جهت ارتقای هر چه بیشتر کیفیت نشریه بهره‌مند فرمایند.

با احترام، پرویز رضوانی مقدم

سردبیر نشریه بوم‌شناسی کشاورزی

به‌نام خدا

پذیرش مقاله برای چاپ در نشریه

مقدمه

گرچه دستاوردهای کشاورزی صنعتی در تولید مواد غذایی غیرقابل انکار است، ولی پیامدهای منفی ناشی از آن نیز از ابعاد مختلف اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی قابل‌توجه است. فرسایش خاک و منابع ژنتیکی، آلودگی منابع آب و خاک، آلودگی مواد غذایی به بقایای مواد شیمیایی و افزایش گازهای گلخانه‌ای و گرمایش زمین، تنها بخشی از مشکلات ناشی از فعالیت‌های بی‌رویه کشاورزی توسط انسان است. بهمین دلیل، امروزه در جستجو برای نوعی کشاورزی جایگزین، به کاربرد مبانی بوم‌شناسی در عملیات کشاورزی توجه خاصی معطوف شده است. چنین رهیافتی جز با نگرشی نظام‌مند به کشاورزی و در چارچوب آنچه که به‌اصطلاح اکوسیستم (بوم‌نظام) نامیده می‌شود، میسر نخواهد بود و بدین‌ترتیب طراحی بوم‌نظام‌هایی با اتکاء به اصول بوم‌شناختی را ضروری می‌سازد. آنچه در کشاورزی بوم‌سازگار مطرح است نگاهی جامع به مجموعه‌ای از کارکردها است که هدف از آن تنها کسب محصول صرفاً اقتصادی نیست و عملکرد مفهومی فراتر از مفهوم رایج آن، به‌عنوان تنها بخشی از کارکرد یک بوم‌نظام کشاورزی، را در بر می‌گیرد. در همین چارچوب در بوم‌نظام‌های کشاورزی در حقیقت کسب عملکرد بیشینه هدف نیست, بلکه عملکردی پایدار و چندمنظوره مورد نظر است که از جنبه‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی، زیست‌محیطی و فنی قابل حصول و قابل توجیه باشد.

گرچه چنین نگرشی از سابقه بسیار طولانی در تمدن تولید مواد غذایی ایران برخوردار است ولی در قالب نوین آن در کشور ما کمتر از دو دهه است که مطرح شده است. خوشبختانه هم‌اکنون زیرساخت‌های ضروری برای تحکیم بخشیدن به چنین نگرشی کاملاً فراهم است و در دانشکده‌های کشاورزی کشور نه‌تنها دوره‌های کارشناسی ارشد و دکترا در رشته کشاورزی بوم‌سازگار دایر شده است، بلکه حجم قابل ملاحظه‌ای از مقالات علمی که در حال حاضر در نشریات رایج علمی- پژوهشی کشاورزی منتشر می‌شود، بر همین مبنا است. به‌همین دلیل در مقطع زمانی کنونی برای سامان بخشیدن به این یافته‌های علمی در قالب یک مجموعه تخصصی، ضرورت انتشار مجله ای علمی تحت عنوان «بوم‌شناسی کشاورزی» بیش از هر زمان دیگر احساس می‌شود. چون نقطه ثقل چنین مجله ای «بوم شناسی» است، لذا اطلاعات علمی مرتبط با فعالیت‌های کشاورزی که بر این مبنا استوار باشد متناسب با این مجله می‌باشد.

با توجه به سابقه گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در رابطه با کشاورزی بوم‌سازگار، این مجله توسط این گروه و سالانه در چهار شماره در زمینه‌های زیر منتشر خواهد شد:

- فعالیت‌های پژوهشی کشاورزی با اتکاء به حفاظت از منابع طبیعی و محیط‌زیست و افزایش کارآیی و بهره‌وری منابع آب و خاک و نهاده‌های شیمیایی
- مدیریت زراعی در رابطه با کاربرد نهاده‌های بیولوژیک
- عملیات خاک ورزی حفاظتی و فعالیت‌های مرتبط با آن
- مدیریت زراعی با حد اقل اتکا به نهاده های خارج از مزرعه
- عملیات زراعی در رابطه با کشت‌های مخلوط و کشت گیاهان پوششی
- عملیات تلفیقی در مدیریت زراعی
- بهره برداری از منابع غیر رایج آب و خاک
- استفاده از گیاهان زراعی فراموش شده و جدید
- بهره‌گیری از روابط کمّی در عوامل تولید و مدل‌سازی رشد و نمو گیاهی
- روش‌های پایش عملکرد و مطالعات ارزیابی خلاء عملکرد
- کاربرد اصول فیزیولوژی در شناخت روابط اکولوژیک و افزایش کارآیی تولیدات زراعی
- ارزیابی چرخه‌های حیات در تولیدات زراعی
- پهنه‌بندی‌های اقلیمی و ناحیه‌بندی اگرواکولوژیکی
- استفاده از بقایای محصولات زراعی در تهیه سوخت‌های زیستی
- استفاده از انرژی‌های جایگزین در اکوسیستم‌های کشاورزی
- کاربرد کودهای بیولوژیکی، استفاده از میکوریزا و باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن
- کاربرد کمپوست و فرآورده‌های مشابه
- اصلاح خاک از طریق فرآیندهای بیولوژیکی
- مدیریت اکولوژیک آفات، بیماری‌ها و علفهای هرز با استفاده از روابط بیولوژیکی و عملیات تلفیقی
- عملیات ترسیب کربن و کاهش گازهای گلخانه‌ای
- استفاده از گیاهان دارویی در تناوب و یا بصورت همراه با محصولات زراعی
- عملیات زراعی در جهت بهبود تنوع زیستی
- بوم‌شناسی کشاورزی و دانش بومی
- تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی تولید محصولات زراعی با اتکاء به دیدگاه‌های بوم‌شناختی و اقتصاد اکولوژیک

راهنمای نحوه نگارش و تهیه مقالات

- از آنجایی‌که هدف مجله "بوم‌شناسی کشاورزی" پیوستن به فهرست مجلات ISI می‌باشد, رعایت موارد زیر در نوشتن مقاله ضروری خواهد بود.
- متن مقاله روی کاغذ A4 با فاصله 1/5 بین خطوط و دو و نیم سانتی‌متر از حاشیه‌ها و با نرم‌افزار MS-Word با قلم زر اندازه 12 تایپ شود و شکل‌ها و جداول نیز به همین نرم افزار منتقل شوند. عناوین شکل‌ها و جداول به دو زبان فارسی و انگلیسی در نرم‌افزار MS-Word و مجزا از شکل با قلم بی زر (B Zar) و اندازه 10 با فاصله خط 1 نوشته شوند. کلیه شکل‌ها و جداول بدون کادر باشند.
- تعداد صفحات مقاله حداکثر20 صفحه تعیین گردیده است.
- کلیه واحدهای اندازه‌گیری بر اساس سیستم متریک باشند.
- کلیه سطرهای متن مقاله بصورت ادامه‌دار (Continuous) شماره‌گذاری (Line numbering) شوند.
- هر مقاله باید شامل بخشهای مقدمه، مواد و روش‌ها، نتایج و بحث، نتیجه گیری، سپاسگزاری، فهرست منابع و چکیده مبسوط کاملاً تفکیک و محتوای آنها متناسب با عنوان هر قسمت باشد.
- **عنوان مقاله** کوتاه و معرف کامل موضوع تحقیق بوده، حداکثر 20 کلمه و با قلم بی زر (B Zar) اندازه 14 نوشته شود.
- **صفحه مشخصات مقاله** شامل موارد: عنوان مقاله، مشخصات نویسنده یا نویسندگان شامل نام و نام‌خانوادگی، درجه علمی، آدرس پستی و الکترونیکی، تلفن تماس، نام نویسنده مسئول به زبان فارسی و سپس عنوان انگلیسی مقاله، نام و نام‌خانوادگی, درجه علمی و آدرس نویسندگان به زبان انگلیسی نوشته شوند (بدون شماره صفحه).
- **در صفحه نخست** عنوان مقاله به فارسی، چکیده مقاله و کلمات کلیدی (بدون ذکر نام نویسندگان) آورده شوند.
- **چکیده مبسوط باید بر مبنای دستورالعمل زیر تهیه شود:**
- این چکیده که جایگزین چکیده کوتاه است بایستی بین 700-600 واژه بوده و به تفکیک دارای اجزای زیر باشد:

1. Title
2. Author
3. Affiliation
4. Introduction
5. Materials and Methods
6. Results and Discussion
9. Conclusion
10. Acknowledgements
11. Keywords
12. References

- تعداد منابع که باید در بخش مقدمه به آنها ارجاع داده شود حداکثر سه منبع مهم که در متن مقاله نیز از آنها استفاده شده بایستی در نظر گرفته شود. همچنین بایستی بین قسمتهای چکیده مبسوط تناسب منطقی برقرار باشد، بدین معنی که 30% مربوط به مقدمه، 20% مواد و روش‌ها و 50% مربوط به نتایج و بحث باشد و در انتها هم یک نتیجه گیری کلی نوشته شود.

- **کلمات کلیدی** در انتهای چکیده و حداکثر شش کلمه آورده شوند. کلمات کلیدی در عنوان مقاله وجود نداشته باشند.
- **در متن مقاله** نحوه رجوع به منابع بصورت اسم نویسنده (نویسندگان) و تاریخ انتشار منبع باشد. در ارجاع به منابع باید تا حد ممکن از نام بردن افراد در شروع جمله خودداری و منابع در انتهای جمله و در پرانتز ارائه شوند مانند: (Mohamadi, 2007). برای جداسازی منابع در انتهای جمله از ";" استفاده می‌شود مثال: (Smith, 1999; Samuel et al., 2008; Smith & Samuel, 2009).
- چنانچه در شروع جمله به منبعی استناد شود به صورت نام (سال) نوشته شود و اسامی فارسی نیز باید به لاتین و سال شمسی به میلادی برگردان شوند. نحوه ارجاع به منابع دارای یک نگارنده، دو نگارنده و چند نگارنده که در ابتدای جمله قرار گیرند به ترتیب زیر انجام گیرد: Smith (1999)، Smith & Samuel (2009)و Samuel et al. (2008)
- **جداول و شکل ها:** در تنظیم جداول از خطوط افقی و عمودی استفاده نشود مگر در بالا و پایین سطر اول جدول و پایین آخرین سطر آن. هر ستون جدول باید دارای عنوان و واحد مربوط باشد. ترجمه انگلیسی عنوان و زیر عنوان‌ها ی جداول در زیر نوشته فارسی آنها درج شوند. محتوای جداول (اعداد) تنها به انگلیسی نوشته شوند. شکلها کاملا انگلیسی تنظیم گردند. بطور کلی اطلاعات شکل‌ها و جداول قابل استفاده برای خوانندگان انگلیسی زبان باشد.
- **صفحه آخر** شامل عنوان مقاله، چکیده انکلیسی و کلمات کلیدی همگی به زبان انگلیسی بوده و از ذکر اسامی و آدرس نویسندگان در این صفحه خودداری شود. چکیده انگلیسی برگردان کامل چکیده فارسی باشد.

فهرست منابع:

الف- کلیه منابع فارسی و انگلیسی به زبان انگلیسی و با قلم Times New Roman اندازه 12 در فهرست منابع نوشته شوند. در نوشتن لیست منابع در قسمت فرمت Hanging اندازه 0/5 انتخاب گردد.

ب- کلیه منابع فارسی به زبان انگلیسی برگردان شده و در آخر هر منبع، در صورت داشتن خلاصه انگلیسی (In Persian with English Summary) و در صورت نداشتن خلاصه انگلیسی داخل پرانتز (In Persian) نوشته شود.

ج- در نوشتن منابع، اسامی مجلات بصورت کامل نوشته شوند.

د- در صورتی‌که در نوشتن منابع مقاله از برنامه EndNote استفاده می‌شود، در قسمت Bibliography style نوع Agri Ecosys Enviro انتخاب گردد.

مثال‌هایی از نحوه نوشتن فهرست منابع در ذیل آمده است:

1- مجلات:

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, K., Mondani, F., Feizi, H., and Amirmoradi, S., 2014. Determination of optimal strip width in strip intercropping of maize (*Zea mays* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Northeast Iran. Journal of Cleaner Production 85: 1-8.

2- کتاب تالیف شده:

Pretty, J. 1995. Regenerating Agriculture: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance. Earthscan Publications Limited, London.

3- مقاله یا یک فصل از کتاب تدوین شده (Edited book):

Ison, R. 2008. Systems thinking and practice for action research. In P. Reason and H. Bradbury (Eds.). Handbook of Action Research: Participative Inquiry and Practice. Sage Publications, London. p. 139–158.

4- مقاله در نشریه برخط (On-line):

Flora, C.B. 2004. Agricultural change and rural development. Rural Development News 27(3):1–3. Available at Web site http://www.ag.iastate.edu/centers/rdev/newsletter/Vol27No3-2004/agchange.htm (verified 5 September 2000).

5- مقاله یا نوشته از اینترنت مربوط به یک دانشگاه یا اداره دولتی همراه با نام نگارنده:

Watson, R.T., Zinyowera, M.C., and Moss, R.H. 2006. IPCC Special Report on The Regional Impacts of Climate Change. An Assessment of Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change. Available at Web site http://www.grida.no/climate/ipcc/regional/index.htm (verified 5 September 2007).

6- مقاله یا نوشته از اینترنت مربوط به یک دانشگاه یا اداره دولتی بدون نام نگارنده:

Food and Agriculture Organization (FAO). 2006. The FAOSTAT Database. Available at Web site http://faostat.fao.org/default.aspx (verified 5 September 2007).

7- رساله‌های تحصیلی:

Khorramdel, S. 2011. Evaluation of the potential of carbon sequestration and Life Cycle Assessment (LCA) approach in different management systems for corn. PhD Dissertation, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

8- کنفرانس‌ها ی علمی:

Verschwele, A. 2007. Reducing weed infestation in winter wheat by sowing technique. In Seventh EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Salem, Germany, 11–14 March 2007, p. 91–96.

9- گزارش‌های علمی:

Pretty, J. and Hine, R. 2001. Reducing Food Poverty with Sustainable Agriculture: A Summary of New Evidence. Final report from the 'SAFE World' Research Project, University of Essex. Available at http://www2.essex.ac.uk/ces/ResearchProgrammes/SAFEWexecsummfinalreport.htm (accessed 22 February 2007).

NJF. 2005. NJF-Seminare 369. Organic farming for a new millennium – status and future challenges. Nordic Association of Agricultural Scientists, NJP Report Volume 1, No. 1. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp. p. 252–256.

California Department of Food and Agriculture. 2004. State organic crop and acreage report. Available at Web site: www.cdfa.ca.gov/is/i&c/docs/2004stateData.pdf (verified October 2005).

10- نرم افزار های کامپیوتری:

SAS Institute. 1999. SAS/Stat User's Guide, Version 8.0. SAS Institute, Cary, NC.

Systat. 2004. Systat Version 11. Systat Software, London, UK.

از کلیه همکاران، پژوهشگران و دانشجویان تحصیلات تکمیلی که مایل به چاپ مقاله در این مجله می‌باشند، تقاضا می‌شود مقالات خود را با مشخصات فوق تهیه و از طریق سایت نشریه به صورت الکترونیکی برای دفتر نشریه ارسال فرمایند.

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه مجلات علمی، دفترمجله بوم شناسی کشاورزی

صندوق پستی: 1163-91775

تلفن: 051-38804654 نمابر: 051 -38787430 E-mail: **Agroecology@um.ac.ir**

http://jm.um.ac.ir/index.php/agroecology

از آنجائیکه نشریه بوم شناسی کشاورزی مبتنی به نتایج پژوهش‌هایی است که مستقیماً با محیط طبیعی در ارتباط است، نتایج پژوهش‌های مربوط به محیطهای تحت کنترل مانند گلخانه و آزمایشگاه تناسب چندانی با این نشریه ندارند و لذا از پذیرش مقالاتی که حاصل چنین پژوهش‌هایی باشد معذوریم.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 490-504

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 504-490

مطالعه عملکرد کمی و کیفی و نسبت برابری زمین آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در سری‌های کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.)

جواد حمزه‌ئی[1*] و مجید بابائی[2]

تاریخ دریافت: 1393/04/24
تاریخ پذیرش: 1393/06/16

حمزه‌ئی، ج، و بابایی، م. 1395. مطالعه عملکرد کمی و کیفی و نسبت برابری زمین آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) در سری‌های کشت مخلوط با لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 504-490.

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی عملکرد، کیفیت دانه و نسبت برابری زمین در کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و نه تیمار در دانشگاه بوعلی سینا همدان در سال زراعی 90-1389 اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کشت‌های مخلوط افزایشی 25، 50، 75 و 100 درصد لوبیا با آفتابگردان و کشت‌های مخلوط جایگزینی 75:25، 50:50 و 25:75 (لوبیا:آفتابگردان) و کشت خالص دو گونه بودند. نتایج نشان داد که با تغییر الگوی کشت از خالص به مخلوط، وزن دانه، وزن مغز، نسبت مغز به دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد و عملکرد روغن و عملکرد پروتئین آفتابگردان به طور معنی‌داری کاهش یافت، ولی درصد پروتئین و قرائت کلروفیل‌متر افزایش نشان داد. بیشترین عملکرد دانه آفتابگردان (353 گرم در مترمربع) از کشت خالص بدون اختلاف معنی-دار با کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان به دست آمد. اثر تیمارها به استثنای تعداد دانه در غلاف و درصد پروتئین بر تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه و بیولوژیک، شاخص برداشت، عملکرد پروتئین و قرائت کلروفیل‌متر لوبیا معنی‌دار شد. بیشترین عملکرد دانه لوبیا (305 گرم در مترمربع) نیز از تیمار کشت خالص حاصل شد. در کلیه تیمارهای مخلوط، نسبت برابری زمین بیشتر و شاخص رقابت کمتر از یک بود. تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان، کمترین مقدار شاخص رقابت (0/03) و بیشترین مقدار نسبت برابری زمین (1/66) را داشت. بنابراین، به نظر می‌رسد تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان، برای تولید حداکثر محصول در اجتماع گیاهی آفتابگردان و لوبیا مناسب‌تر است.

واژه‌های کلیدی: دانه روغنی، حبوبات، شاخص رقابت، کیفیت دانه

مقدمه

در طی چند دهه گذشته افزایش سرعت رشد جمعیت و صنعتی شدن کشاورزی سبب افزایش گرایش به سمت سیستم‌های تک‌کشتی شده است. استفاده از سیستم‌های کشاورزی صنعتی علی‌رغم دستیابی به تولید بیشتر، باعث وارد آمدن خسارت جبران‌ناپذیری به اکوسیستم-های طبیعی شده و پایداری این بوم‌نظام را در معرض خطر قرار داده است (Noor Mohammadi et al., 2005). از این‌رو، در سال‌های اخیر یکی از اهداف مهمی که در زمینه تحقیقات در بیشتر کشورها از جمله ایران دنبال می‌شود، دستیابی به راهکارهایی جهت افزایش پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی می‌باشد.

کشاورزی پایدار نوعی کشاورزی است که در جهت منافع انسان بوده و بدون آن که نیازهای نسل آتی را به مخاطره اندازد، نیاز غذایی حال حاضر را برآورده می‌کند (Mohler & Liebman, 1998). همچنین، کشاورزی پایدار کارآیی استفاده از منابع را افزایش می‌دهد و

1 و 2- به ترتیب دانشیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بوعلی سینا همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: j.hamzei@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.31250

با محیط در توازن است. به عبارتی، کشاورزی پایدار نظامی است که از نظر اکولوژیک مناسب، از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر و از نظر اجتماعی مطلوب است (Koocheki et al., 2005). برخی روش‌های مدیریتی از جمله کشت گیاهان پوششی، شخم حفاظتی، تناوب زراعی، مدیریت تلفیقی آفات و کشت مخلوط گیاهان زراعی، به عنوان مؤلفه‌های کشاورزی پایدار معرفی شده‌اند (Ghanbari Bonjar, 2000).

تولید دو یا چند محصول به طور همزمان در یک قطعه زمین و در یک سال زراعی کشت مخلوط نام دارد (Rahimi et al., 2005). این نوع کشت از کارآیی بالایی در استفاده از عوامل محیطی و حفاظت بیشتر محصولات برخوردار است (Eshgizadeh et al., 2007; Mazaheri, 1998; Njoku et al., 2007). از جمله مهم‌ترین فواید کشت مخلوط، افزایش تولید در واحد سطح نسبت به تک‌کشتی، به دلیل استفاده بهتر از عوامل محیطی مانند نور، آب و مواد غذایی موجود است (Asgharipour & Rafiei, 2010). در واقع در کشت مخلوط، استفاده بهتر از عوامل محیطی به اختلاف ارتفاع، نحوه قرار گرفتن اندام‌های زیرزمینی و نیاز غذایی متفاوت گیاهان نسبت داده می‌شود (Ghanbari Bonjar, 2000). در این رابطه می‌توان به کشت مخلوط لگوم‌ها با غیرلگوم‌ها اشاره کرد که استفاده از لگوم‌ها در کشت مخلوط می‌تواند علاوه بر افزایش عملکرد، موجب تثبیت بیولوژیکی نیتروژن شود که این امر مصرف کود شیمیایی نیتروژنه را کاهش داده و از آلودگی محیط زیست نیز جلوگیری می کند. این عقیده وجود دارد که متفاوت بودن نیاز گیاهان به عنصر نیتروژن، علت افزایش عملکرد در کشت مخلوط بقولات و غیربقولات است. بدین ترتیب که بقولات از نیتروژن جوی و غیربقولات از نیتروژن موجود در خاک تغذیه می‌کنند و در نتیجه رقابت دو گونه از لحاظ نیتروژن کاهش می‌یابد (Aliyu, & Emechebe, 2006; Eshgizadeh et al., 2007; Haugaard-Nielsen & Jeanson, 2001). محفوظ و ایماگر (Mahfouz & Imager, 2004) گزارش کردند که کشت مخلوط کلزا (*Brassica napus* L.) با نخود (*Cicer arietinum* L.) تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف، وزن دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد هر دو گونه داشت و برای هر دو گونه عملکرد کشت مخلوط بیشتر از تک‌کشتی بود. در تحقیقی نشان داده شده است که کشت مخلوط لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) باعث افزایش تولید شد (Ullah et al., 2007). همچنین، ونزی و همکاران (Wenxue et al., 2005) افزایش عملکرد دانه ذرت در کشت مخلوط با باقلا (*Vicia faba* L.) را گزارش کرده‌اند. نتایج تحقیقات گرن و همکاران (Geren et al., 2008) نشان داد که کشت مخلوط ذرت با لوبیا معمولی و لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L.) صفات زیادی نظیر ارتفاع بوته، وزن تر، وزن خشک، عملکرد و پروتئین خام را تحت تأثیر قرار داد. همچنین، میزان عملکرد ذرت در مخلوط با این لگوم‌ها در مقایسه با کشت خالص آن بیشتر بود. همان‌طور که ذکر شد، یکی از مهم‌ترین فواید کشت مخلوط افزایش تولید در واحد سطح است که نسبت برابری زمین (LER)[1] جهت تصدیق این ادعا که کشت مخلوط عملکرد بیشتری از کشت خالص در واحد سطح تولید می‌کند مورد استفاده قرار می‌گیرد (Park et al., 2002). طی آزمایشی مشخص شد که با کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) و لوبیا از منابع محیطی با کارایی بیشتری استفاده گردید و مقدار LER به 1/80 رسید (Morales et al., 2009). سینگ (Singh, 2007) نیز با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا اظهار کرد که در حالت کشت مخلوط میزان سودمندی نسبت به کشت خالص آن‌ها بیشتر شد و مقدار LER به 1/25 رسید. سعدی و المتوالی (Saudy & Elmetwally, 2009) گزارش کردند که با کشت مخلوط آفتابگردان و سویا (*Glycine max* L.) مقدار LER به 1/37 رسید.

بدین ترتیب، با توجه به اهمیت گرایش به سمت سیستم‌های کشاورزی پایدار و همچنین اهمیت بالای لوبیا و آفتابگردان در تأمین نیاز غذایی بشر، این آزمایش با هدف تعیین بهترین الگوی کشت مخلوط این دو گیاه بر اساس اجزای عملکرد، عملکرد کمی و کیفی، نسبت برابری زمین و شاخص رقابت در شرایط آب و هوایی همدان اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا در سال زراعی 90-1389 اجرا شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان، کشت

1- Land equivalent ratio

مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان، کشت مخلوط افزایشی 75 درصد لوبیا با آفتابگردان، کشت مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان، کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان، کشت مخلوط جایگزینی 50 درصد لوبیا با 50 درصد آفتابگردان، کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان و کشت خالص لوبیا و آفتابگردان بودند. ابتدا از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری خاک محل آزمایش، نمونه‌برداری به عمل آمد و بر اساس تجزیه خاک (جدول 1) کود شیمیایی مصرف شد.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical characteristics of the experimental site

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available phosphorous ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available potassium ($mg.kg^{-1}$)
لوم- شنی Loam-sandy	7.32	0.342	0.87	0.12	7.87	246

در این آزمایش از هر یک از کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم به ترتیب 160 کیلوگرم نیتروژن (نصف آن در زمان کاشت و بقیه کود اوره به صورت سرک در زمان 8-6 برگی آفتابگردان)، 120 کیلوگرم سوپرفسفات تریپل و 100 کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار مصرف شد. تمامی کود فسفر و پتاسیم قبل از کاشت و در فرآیند آماده‌سازی زمین، به خاک مزرعه اضافه شد. تراکم بوته در کشت خالص آفتابگردان و لوبیا به ترتیب هشت و 40 بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. فاصله بین ردیف برای آفتابگردان 60 سانتی‌متر و برای لوبیا 30 سانتی‌متر و فاصله روی ردیف برای آفتابگردان و لوبیا به ترتیب 20/8 و 8/3 سانتی‌متر بود. ابعاد کرت‌های آزمایش 6×3 متر و فاصله دو کرت از همدیگر در هر بلوک 60 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در کشت مخلوط افزایشی، بوته‌های لوبیا به صورت ردیفی و در وسط هر دو ردیف آفتابگردان کشت شدند. بنابراین، در کشت مخلوط افزایشی، فاصله ردیف کاشت لوبیا 45 سانتی‌متر بود. عملیات کاشت آفتابگردان (رقم آلستار) و لوبیا (رقم ناز) در نیمه دوم اردیبهشت ماه و به صورت همزمان انجام گرفت. در تمام تیمارها، کشت آفتابگردان و لوبیا به صورت متراکم انجام و پس از استقرار کامل بوته‌ها، برای دستیابی به تراکم مورد نظر تنک شدند. آبیاری مزرعه به صورت نشتی انجام گرفت. عملیات برداشت هر دو گونه گیاهی در مهرماه 1390 انجام گرفت. به طوری‌که، پس از رسیدگی فیزیولوژیک هر گونه گیاهی و با حذف اثر حاشیه‌ای، بوته‌های موجود در دو مترمربع از هر کرت برداشت شد و بر اساس آن صفات آفتابگردان مانند وزن صد دانه، وزن مغز دانه، نسبت مغز به کل دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد و عملکرد روغن، درصد و عملکرد پروتئین اندازه‌گیری شد. برای لوبیا نیز صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، درصد و عملکرد پروتئین اندازه‌گیری و ارزیابی شدند. برای تعیین پروتیین دانه، از روش کجلدال استفاده شد (Jensen et al., 1996). میزان کلروفیل برگ نیز در مرحله گل‌دهی با استفاده از دستگاه SPAD502 اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که چهار برگ از قسمت میانی بوته انتخاب و میانگین قرائت کلروفیل‌متر آن‌ها به عنوان شاخص کلروفیل تیمار مربوطه ثبت شد.

برای ارزیابی کشت مخلوط از شاخص رقابت و نسبت برابری زمین استفاده شد. شاخص رقابت (CI)[1] با استفاده از معادله (1) محاسبه گردید (Mazaheri, 1998). در این معادله، N'_A و N_A به ترتیب عملکرد گونه A در کشت خالص و مخلوط و N'_B و N_B به ترتیب عملکرد گونه B در کشت خالص و مخلوط است. اگر CI<1 باشد، کشت مخلوط سودمندتر از کشت خالص می‌باشد.

$$CI=(N'_A-N_A)(N'_B-N_B)/N_AN_B \quad \text{معادله (1)}$$

نسبت برابری زمین بر اساس سطح زمین زیر کشت محاسبه می‌شود و بیانگر این است که برای به دست آوردن مقدار محصولی که از یک هکتار کشت مخلوط عاید می‌شود چه مقدار از زمین به صورت زراعت تک‌کشتی مورد نیاز است تا همان مقدار محصول برداشت

1- Competition index

شود. در محاسبه این شاخص از معادله (2) استفاده شد (Mazaheri, 1998). در این معادله، Y_i مقدار محصول یک گونه (در واحد سطح) در کشت مخلوط و Y_{ii} محصول همان گونه (در واحد سطح) در زراعت تک‌کشتی است. نسبت برابری زمین بیشتر از یک، نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی هر یک از دو گونه است.

معادله (2) $LER= \sum(Y_i/Y_{ii})$

تجزیه واریانس داده‌ها با نرم‌افزار آماری SAS 6.12 و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون LSD در سطح آماری پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

صفات مورد بررسی در آفتابگردان

اجزای عملکرد و عملکرد دانه

اثر الگوی کاشت بر وزن دانه، وزن مغز، نسبت مغز به کل دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار شد (جدول 2). به طوری‌که، بیشترین وزن دانه (59/53 میلی‌گرم) از تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان حاصل شد، ولی این تیمار با تیمارهای کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان، کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان و کشت خالص آفتابگردان تفاوت معنی‌دار نداشت. کمترین میزان وزن دانه (51/55 میلی‌گرم) نیز بدون اختلاف معنی‌دار با تیمارهای کشت مخلوط افزایشی 75 و 100 درصد لوبیا با آفتابگردان به تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان تعلق گرفت (جدول 3). با توجه به نتایج جدول 3 مشخص شد که بیشترین میزان وزن مغز و نسبت مغز به کل دانه که به ترتیب معادل 43/65 میلی‌گرم و 73/29 درصد بود از تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان حاصل شد. به نظر می‌رسد که کاهش رقابت برون‌گونه‌ای و افزایش کارایی استفاده از منابع محیطی و همچنین تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط لوبیا در تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان باعث شده که رقابت بر سر منابع و عناصر غذایی کاهش یافته و در نتیجه افزایش ظرفیت فتوسنتزی آفتابگردان، مواد غذایی بیشتری به دانه‌ها برسد که این امر به افزایش وزن دانه و نسبت مغز به کل دانه منجر می‌شود. میرهاشمی و همکاران (Mirhashemi et al., 2009) نیز در پژوهش خود، از افزایش وزن دانه در کشت مخلوط زنیان (*Carum copticum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graceum* L.) نسبت به تک‌کشتی آن‌ها، گزارش دادند. مقایسه تیمارها از نظر عملکرد دانه حاکی از این بود که کمترین میزان این ویژگی (122 گرم در مترمربع) در تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان مشاهده شد که در مقایسه با کشت خالص آفتابگردان حدود 65 درصد کاهش نشان داد. علت این امر از کاهش سهم آفتابگردان در کشت مخلوط در تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان ناشی می‌شود. بیشترین عملکرد دانه آفتابگردان (353 گرم در مترمربع) به تیمار کشت خالص آفتابگردان تعلق گرفت. با این وجود، تیمارهای کشت مخلوط افزایشی 25 و 50 درصد لوبیا با آفتابگردان، تفاوت معنی‌دار نداشتند. ولی، با افزایش سهم لوبیا به بیش از 50 درصد، عملکرد دانه آفتابگردان کاهش یافت (جدول 3). مورالس و همکاران (Morales et al., 2009) نیز گزارش کردند که با افزایش تراکم لوبیا در کشت مخلوط با آفتابگردان، رقابت برای منابع افزایش یافت که این افزایش رقابت منجر به کاهش 13 درصدی عملکرد دانه آفتابگردان شد. همچنین، با مقایسه الگوهای مختلف کاشت مشخص گردید که با افزایش تراکم لوبیا در مخلوط، عملکرد بیولوژیک آفتابگردان کاهش یافت. میزان کاهش در کشت مخلوط جایگزینی بیشتر از کشت مخلوط افزایشی بود. دلیل این امر کاهش تراکم بوته آفتابگردان در واحد سطح در کشت مخلوط جایگزینی به ویژه در تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان می‌باشد. بیشترین عملکرد بیولوژیک (984 گرم در مترمربع) از تیمار کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان به دست آمد. کمترین عملکرد بیولوژیک نیز که معادل 509 گرم در مترمربع بود از تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان به دست آمد که در مقایسه با تیمار کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان از کاهش 48/18 درصدی برخوردار بود (جدول 5). همان‌طور که قبلاً اشاره شد، در تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان به علت کاهش سهم آفتابگردان در مخلوط، عملکرد بیولوژیک آن کاهش یافت. به نظر می‌رسد که افزایش رقابت در تیمار کشت مخلوط 100 درصد لوبیا با آفتابگردان و کاهش منابع محیطی در دسترس، عملکرد بیولوژیک آفتابگردان را کاهش داد. در واقع، در تراکم‌های بالا فضا برای رشد و گسترش گیاه کمتر شده که در نتیجه این امر عملکرد بیولوژیک کاهش یافته است. بیشترین میزان شاخص

برداشت آفتابگردان (35/41 درصد) در کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان مشاهده شد (جدول 4). قنبری بونجار (Ghanbari Bonjar, 2000) در مطالعه خود روی کشت مخلوط باقلا و گندم (*Triticum aestivum* L.) اظهار داشت که شاخص برداشت در کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی افزایش می‌یابد، به طوری‌که نامبرده دلیل این افزایش را تخصیص بیشتر مواد به بخش قابل برداشت در کشت مخلوط نسبت داد.

عملکرد کیفی و قرائت کلروفیل‌متر آفتابگردان

درصد و عملکرد روغن، درصد و عملکرد پروتئین و قرائت کلروفیل‌متر آفتابگردان به طور معنی‌داری تحت تأثیر الگوهای کاشت قرار گرفتند (جدول 4). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با کاهش تراکم لوبیا در مخلوط، درصد روغن آفتابگردان افزایش یافت. به طوری‌که، بیشترین درصد روغن مربوط به تیمار کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان بود که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان، کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان و کشت خالص لوبیا نداشت. همچنین، کمترین میزان این ویژگی که معادل 41/10 درصد بود به تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان تعلق گرفت (جدول 5). به نظر می‌رسد همبستگی منفی بین درصد روغن و میزان نیتروژن تثبیت شده توسط لوبیا دلیل این امر باشد. به طوری‌که، کاسم و ال مسیلی (Kasem & El-Mesillhy, 1992) بیان داشتند که با افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس، درصد روغن کاهش یافت. آن‌ها دلیل این کاهش را افزایش میزان پروتئین دانستند. افزایش درصد روغن در کشت مخلوط آفتابگردان و ذرت توسط موسویان و همکاران (Mousavian et al., 2010) نیز گزارش شده است. همچنین، گزارش شده است که درصد روغن دانه همبستگی منفی با پوست دانه دارد (Leon et al., 1995). به طوری‌که، در این آزمایش تیمارهایی که دارای بیشترین درصد پوست دانه بودند کمترین میزان روغن را به خود اختصاص دادند. اگرچه بالاترین عملکرد روغن (157/8 کیلوگرم در هکتار) به تک‌کشتی آفتابگردان اختصاص داشت، ولی با تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان و کشت‌های مخلوط افزایشی 25 و 50 درصد لوبیا با آفتابگردان تفاوت معنی‌دار نداشت (جدول 5).

جدول 2- تجزیه واریانس اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه آفتابگردان

Table 2- Analysis of variance for the effect of different intercropping patterns with bean on yield components and seed yield of sunflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن دانه Seed weight	وزن مغز دانه Kernel weight	نسبت مغز به کل دانه Kernel to seed ratio	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	5.28^{ns}	7.61^{ns}	33.94^{ns}	1922^{ns}	6087^{ns}	15.36^{ns}
الگوی کاشت Planting pattern	7	31.31^{**}	47.08^{**}	37.93^{*}	16848^{**}	74945^{**}	39.18^{*}
خطا Error	14	1.80	4.82	9.29	997	8957	9.96
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	2.40	5.82	4.53	12.08	11.38	10.31

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول 3- مقایسه میانگین اجزای عملکرد و عملکرد دانه آفتابگردان در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا

Table 3- Means comparison of yield components and yield of sunflower in different intercropping patterns with bean

الگوی کاشت Planting pattern	وزن دانه (میلی‌گرم) Seed weight (mg)	وزن مغز (میلی‌گرم) Kernel weight (mg)	نسبت مغز به کل دانه (درصد) Kernel to seed ratio (%)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield ($g.m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield ($g.m^{-2}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	58.40^{ab*}	40.57^{ab}	69.49^{ab}	353^{a}	975^{ab}	33.95^{ab}
25% لوبیا با 75% آفتابگردان 25% Bean with 75% sunflower	58.16^{ab}	39.34^{b}	67.66^{bc}	292^{bc}	920^{ab}	31.75^{abc}
50% لوبیا با 50% آفتابگردان 50% Bean with 50% sunflower	56.67^{b}	39.85^{ab}	70.42^{ab}	201^{d}	711^{c}	28.21^{cd}
75% لوبیا با 25% آفتابگردان 75% Bean with 25% sunflower	51.55^{c}	32.55^{d}	63.38^{c}	122^{e}	509^{d}	23.91^{d}
25% لوبیا با 100% آفتابگردان 25% Bean with 100% sunflower	58.53^{abc}	37.97^{bc}	65.44^{bc}	319^{ab}	984^{a}	32.38^{abc}
50% لوبیا با 100% آفتابگردان 50% Bean with 100% sunflower	59.53^{a}	43.65^{a}	73.29^{a}	316^{ab}	893^{ab}	35.41^{a}
75% لوبیا با 100% آفتابگردان 75% Bean with 100% sunflower	53.35^{c}	35.14^{cd}	65.72^{bc}	251^{cd}	847^{abc}	29.59^{bc}
100% لوبیا با 100% آفتابگردان 100% Bean with 100% sunflower	51.66^{c}	32.63^{d}	63.18^{c}	241^{cd}	814^{bc}	29.56^{bc}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

از آن‌جایی که عملکرد روغن از حاصلضرب درصد روغن در عملکرد دانه به دست می‌آید، لذا به دلیل بالا بودن عملکرد دانه و درصد روغن در تیمار کشت خالص آفتابگردان، برتری آن از نظر عملکرد روغن نیز دور از انتظار نیست. احتمالاً به علت افزایش میزان نیتروژن قابل دسترس از طریق تثبیت بیولوژیکی در تیمارهایی که بیش از 25 درصد تراکم لوبیا را داشتند، درصد روغن کاهش ولی درصد پروتئین افزایش یافت (جدول 5). سزومیگالسکی و آکر (Szumigalski & Acker, 2006) و کاروترس و همکاران (Carruthers et al., 2000) نیز به ترتیب در بررسی کشت مخلوط گندم-نخود و ذرت-سویا، علت بالا بودن درصد پروتئین دانه گندم و ذرت در کشت مخلوط را به تثبیت نیتروژن توسط گونه‌های نخود و سویا نسبت دادند.

با توجه به نتایج جدول 5 کمترین عملکرد پروتئین (44/58 گرم در مترمربع) به تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان تعلق گرفت که در مقایسه با کشت خالص آفتابگردان که دارای 71/69 گرم پروتئین در مترمربع بود، 62 درصد کاهش نشان داد. علت این امر پایین بودن عملکرد دانه آفتابگردان در تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان است. نتایج این آزمایش با یافته‌های مشهدی (Mashhadi et al., 2016) هماهنگ است. مقایسه میانگین تیمارها از نظر قرائت کلروفیل‌متر نیز حاکی از این است که با افزایش تراکم لوبیا در کشت مخلوط، کلروفیل برگ آفتابگردان افزایش یافت. بیشترین و کمترین قرائت کلروفیل‌متر (به ترتیب 48/30 و 43/47) به تیمارهای کشت مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان و کشت خالص آفتابگردان تعلق گرفت. به طوری‌که، تیمار کشت مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان در مقایسه با تیمار کشت خالص آفتابگردان از افزایش 10 درصدی از نظر کلروفیل برگ برخوردار بود (جدول 5). به نظر می‌رسد که دلیل افزایش کلروفیل در تیمار کشت

مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان، تثبیت نیتروژن توسط لوبیا باشد. قوش و همکاران (Ghosh et al., 2006) در ارزیابی کشت مخلوط سویا و سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) اعلام داشته‌اند که میزان کلروفیل برگ سورگوم در تمامی تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی بیشتر بود و علت این امر را به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط سویا نسبت دادند.

جدول 4- تجزیه واریانس اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا بر خصوصیات کیفی آفتابگردان

Table 4- Analysis of variance for the effect of different intercropping patterns with bean on quality characteristics of sunflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد روغن Oil (%)	عملکرد روغن Oil yield	درصد پروتئین Protein (%)	عملکرد پروتئین Protein yield	قرائت کلروفیل‌متر SPAD reading
تکرار Replication	2	0.26^{ns}	497^{ns}	1.21^{ns}	132^{ns}	1.02^{ns}
الگوی کاشت Planting pattern	7	3.66^{**}	3655^{**}	2.01^{*}	641^{**}	10.01^{**}
خطا Error	14	0.36	313	0.48	62	2.09
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	1.39	15.66	3.24	14.04	3.14

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول 5- مقایسه میانگین خصوصیات کیفی آفتابگردان در الگوهای مختلف کشت مخلوط با لوبیا

Table 5- Mean comparison of quality characteristics of sunflower in different intercropping patterns with bean

الگوی کاشت Planting pattern	درصد روغن Oil (%)	عملکرد روغن (گرم در مترمربع) Oil yield ($g.m^{-2}$)	درصد پروتئین Protein (%)	عملکرد پروتئین (گرم در مترمربع) Protein yield ($g.m^{-2}$)	قرائت کلروفیل-متر SPAD reading
کشت خالص آفتابگردان Sole crop of sunflower	44.16^{a*}	157.82^{a}	20.31^{b}	71.69^{a}	43.47^{c}
25% لوبیا با 75% آفتابگردان 25% Bean with 75% sunflower	43.32^{bc}	129.02^{ab}	20.85^{b}	60.88^{b}	44.37^{bc}
50% لوبیا با 50% آفتابگردان 50% Bean with 50% sunflower	42.00^{de}	84.53^{c}	22.18^{a}	44.58^{c}	4736^{a}
75% لوبیا با 25% آفتابگردان 75% Bean with 25% sunflower	41.10^{e}	50.55^{d}	22.30^{a}	27.20^{d}	47.16^{a}
25% لوبیا با 100% آفتابگردان 25% Bean with 100% sunflower	44.37^{a}	139.41^{a}	20.61^{b}	65.64^{ab}	44.39^{bc}
50% لوبیا با 100% آفتابگردان 50% Bean with 100% sunflower	43.59^{ab}	137.97^{a}	21.18^{ab}	66.93^{a}	46.13^{ab}
75% لوبیا با 100% آفتابگردان 75% Bean with 100% sunflower	42.86^{cd}	105.42^{bc}	22.17^{a}	55.53^{b}	47.82^{a}
100% لوبیا با 100% آفتابگردان 100% Bean with 100% sunflower	42.50^{cd}	99.78^{bc}	22.14^{a}	53.24^{b}	48.30^{a}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

اجزای عملکرد و عملکرد لوبیا

تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت لوبیا در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر سری‌های مخلوط افزایشی و جایگزین با آفتابگردان قرار گرفتند (جدول 6). ولی اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نشد (جدول 6). بیشترین تعداد غلاف در بوته (12/93 غلاف در بوته) به تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان تعلق گرفت که با تیمار کشت مخلوط جایگزینی 50 درصد لوبیا با 50 درصد آفتابگردان اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول 7). به نظر می‌رسد که کاهش رقابت برون‌گونه‌ای و افزایش کارایی استفاده از منابع در تیمار فوق باعث شده که گیاه سرمایه‌گذاری بیشتری برای تعداد غلاف در بوته کند. همچنین، از آن‌جایی که رقم ناز دارای فرم رشدی رونده است از آفتابگردان به عنوان قیم استفاده کرده و در نتیجه توزیع بهتر نور در بین برگ‌های لوبیا، تعداد غلاف در بوته افزایش یافت. یوجینایج و همکاران (Ujjinaiah et al., 1991) نیز با بررسی کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیای رونده گزارش کردند که عملکرد دانه و تعداد غلاف در بوته لوبیا به طور معنی‌داری نسبت به تک‌کشتی افزایش یافت. سلیم و همکاران (Saleem et al., 2003) نیز در کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا، نتایج مشابهی را گزارش کردند.

با کاهش تراکم لوبیا در مخلوط، وزن صد دانه آن افزایش یافت، به طوری‌که بیشترین و کمترین میزان این ویژگی که به ترتیب معادل 31/50 و 25/26 گرم بود از تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان و کشت مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان به دست آمد (جدول 7). شایان ذکر است که بین تیمارهای کشت خالص لوبیا و کشت مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان و همچنین بین دو تیمار کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان و کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان از نظر وزن صد دانه تفاوتی وجود نداشت. پورامیر و همکاران (Poor Amir et al., 2010) در ارزیابی کشت مخلوط کنجد (*Sesamum indicum* L.) و نخود، گزارش کردند که وزن هزار دانه نخود، از تک‌کشتی به سمت مخلوط، دارای شیب افزایشی بود. در تحقیق اصغری پور و رافعی (Asgharipour & Rafiei, 2010) نیز که روی کشت مخلوط اسفرزه (*Plantago ovata* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) انجام شد، اظهار داشتند که وزن هزار دانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفت و در کشت مخلوط بیشتر از تک‌کشتی بود.

در میان الگوهای مختلف کاشت، بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (به ترتیب 305 و 993 گرم در مترمربع) متعلق به تیمار کشت خالص لوبیا بود که با تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان اختلاف معنی‌دار نداشت. با کاهش تراکم لوبیا در کشت‌های مخلوط جایگزینی و نیز با افزایش رقابت بین‌گونه‌ای در کشت مخلوط افزایشی، هر دو ویژگی کاهش یافتند، به طوری‌که کمترین عملکرد دانه و بیولوژیک (به ترتیب 82 و 383 گرم در مترمربع) از تیمار کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان به دست آمد که با تیمار کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول 7). این نتایج با یافته‌های سایر پژوهشگران هماهنگ است (Ghosh et al., 2006; Mahfouz & Imager, 2004; Mazaheri, 1998). بیشترین میزان شاخص برداشت لوبیا (34/49 درصد) نیز به تیمار کشت مخلوط افزایشی 75 درصد لوبیا با آفتابگردان تعلق گرفت که با تیمارهای کشت مخلوط افزایشی 50 و 100 درصد لوبیا با آفتابگردان اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول 7). اگرچه کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک در تیمارهای کشت مخلوط مشاهده گردید، ولی میزان کاهش در عملکرد بیولوژیک به خصوص در کشت مخلوط افزایشی بیشتر از عملکرد دانه بود که در نتیجه آن شاخص برداشت در این تیمارها افزایش یافت. به طوری‌که میزان کاهش عملکرد دانه و بیولوژیک در تیمار کشت مخلوط افزایشی 75 درصد لوبیا با آفتابگردان نسبت به تیمار کشت خالص لوبیا به ترتیب 18/69 و 23/96 درصد بود (جدول 7). تسبو و همکاران (Tsubo et al., 2001) و مائفی و ماکسیارلی (Maffei & Mucciarelli, 2003) به ترتیب با ارزیابی کشت مخلوط ذرت-لوبیا و نعناع (*Mentha piperita* L.)-سویا به نتایج مشابهی دست یافتند.

عملکرد پروتئین و قرائت کلروفیل‌متر لوبیا

عملکرد پروتئین در سطح احتمال یک درصد و قرائت کلروفیل‌متر در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار گرفتند، ولی درصد پروتئین تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول 6). مقایسه میانگین‌ها از نظر صفت عملکرد پروتئین نشان از

برتری کشت خالص داشت. کمترین میزان این ویژگی به تیمار کشت مخلوط جایگزینی 25 درصد لوبیا با 75 درصد آفتابگردان تعلق داشت که با تیمار کشت مخلوط افزایشی 25 درصد لوبیا با آفتابگردان تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل 1).

جدول 6 - تجزیه واریانس اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط با آفتابگردان بر اجزای عملکرد، عملکرد و خصوصیات کیفی لوبیا

Table 6 - Analysis of variance for the effect of different intercropping patterns with sunflower on yield components, yield and quality characteristics of bean

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant^{-1}	وزن صد دانه 100-Seed weight	تعداد دانه در غلاف No. of seed per pod^{-1}	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	درصد پروتئین Protein percentage	عملکرد پروتئین Protein yield	قرائت کلروفیل-متر SPAD reading
تکرار Replication	2	34^{ns}	0.89*	0.16^{ns}	1786^{ns}	2775^{ns}	15.88*	3.97^{ns}	105^{ns}	2.58^{ns}
الگوی کاشت Planting pattern	7	6.46**	17.42**	0.05^{ns}	18394**	117135**	122.98**	1.17^{ns}	584**	4.35*
خطای آزمایش Error	14	0.16	0.12	0.11	654	6470	2.47	2.01	35	1.23
ضریب تغییرات (درصد)	-	3.60	1.24	12.03	12.02	11.46	5.38	7.51	14.71	2.22

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: Non-significant and significant at 5 and 1% probability levels, respectively.

با توجه به این‌که درصد پروتئین لوبیا تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت و نیز عملکرد آن با کاهش تراکم لوبیا در کشت‌های مخلوط جایگزینی کاهش یافت، لذا عملکرد پروتئین لوبیا در تیمار تراکم 25 درصد لوبیا کمترین میزان بود. کاهش عملکرد پروتئین ماشک (*Vicia villosa* L.) در کشت مخلوط با یولاف (*Avena sativa* L.) نیز گزارش شده است (Leon et al., 1995). مقایسه میانگین‌ها (جدول 7) نشان داد که بیشترین میزان قرائت کلروفیل‌متر که معادل 52 اسپاد بود، از تیمار کشت مخلوط افزایشی 100 درصد لوبیا با آفتابگردان حاصل شد. کمترین میزان شاخص کلروفیل نیز به تیمار کشت مخلوط جایگزینی 75 درصد لوبیا با 25 درصد آفتابگردان تعلق گرفت. با افزایش تراکم آفتابگردان در کشت مخلوط جایگزینی و افزایش تراکم در واحد سطح در کشت مخلوط افزایشی، شاخص کلروفیل افزایش یافت. به نظر می‌رسد دلیل افزایش کلروفیل در تراکم‌های بالا، افزایش سایه‌اندازی بوته‌ها بر روی یکدیگر باشد. به عبارت دیگر، می‌توان گفت که گیاهان در شرایط سایه برای به دام انداختن هر چه بیشتر نور برای تولید آسیمیلات، میزان کلروفیل را افزایش می‌دهند. افزایش میزان کلروفیل در کشت مخلوط به دلیل سایه‌اندازی، توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Ghosh et al., 2006; Hamzei, 2012).

شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط

با بررسی شاخصی به نام شاخص رقابت اگر چه میزان اضافه محصول نشان داده نمی‌شود ولی با اشاره به شدت رقابت بین دو گونه در تیمارهای مختلف مخلوط می‌توان نسبت به سودمندی آن‌ها قضاوت کرد (Daryaei et al., 2008). در آزمایش حاضر کلیه الگوهای کشت مخلوط دارای شاخص رقابت کمتر از یک بودند (جدول 8) که این امر نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط است. پوگیو (Poggio, 2005) نیز در مطالعه خود بر روی کشت مخلوط نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) و جو (*Hordeum vulgare* L.) اظهار داشت که تداخل بین اجزای مخلوط به مراتب ضعیف‌تر از رقابت درون‌گونه‌ای است.

جدول 7- مقایسه میانگین اجزای عملکرد، عملکرد و قرائت کلروفیل‌متر لوبیا در الگوهای مختلف کشت مخلوط با آفتابگردان

Table 7- Means comparison of yield components, yield and SPAD reading of bean in different intercropping patterns with sunflower

الگوی کاشت Planting pattern	تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant^{-1}	وزن صد دانه (گرم) 100- Seed weight (g)	عملکرد دانه (گرم در مترمربع) Seed yield (g.m^{-2})	عملکرد بیولوژیک (گرم در مترمربع) Biological yield (g.m^{-2})	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	قرائت کلروفیل-متر SPAD reading
25% لوبیا با 75% آفتابگردان 25% Bean with 75% sunflower	9.15^{e*}	31.50^{a}	82^{d}	469^{d}	14.28^{e}	50.25^{abc}
50% لوبیا با 50% آفتابگردان 50% Bean with 50% sunflower	12.55^{ab}	29.10^{c}	217^{c}	739^{bc}	29.43^{cd}	49.97^{bc}
75% لوبیا با 25% آفتابگردان 75% Bean with 25% sunflower	12.00^{bc}	27.50^{d}	269^{ab}	870^{ab}	31.08^{bc}	48.74^{c}
کشت خالص لوبیا Sole crop of bean	11.50^{cd}	26.50^{e}	305^{a}	993^{a}	30.74^{bc}	48.96^{c}
25% لوبیا با 100% آفتابگردان 25% Bean with 100% sunflower	11.72^{cd}	31.00^{a}	106^{d}	383^{d}	27.75^{d}	48.88^{c}
50% لوبیا با 100% آفتابگردان 50% Bean with 100% sunflower	12.93^{a}	30.00^{b}	230^{bc}	689^{c}	33.44^{ab}	50.19^{abc}
75% لوبیا با 100% آفتابگردان 75% Bean with 100% sunflower	11.12^{d}	26.92^{d}	248^{bc}	719^{c}	34.49^{a}	51.47^{ab}
100% لوبیا با 100% آفتابگردان 100% Bean with 100% sunflower	8.95^{e}	25.26^{e}	245^{bc}	755^{c}	32.43^{ab}	52.00^{ab}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

* Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

جدول 8- اثر کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان بر شاخص‌های ارزیابی کشت مخلوط

Table 8- Effect of bean and sunflower intercropping on evaluation indices of intercropping

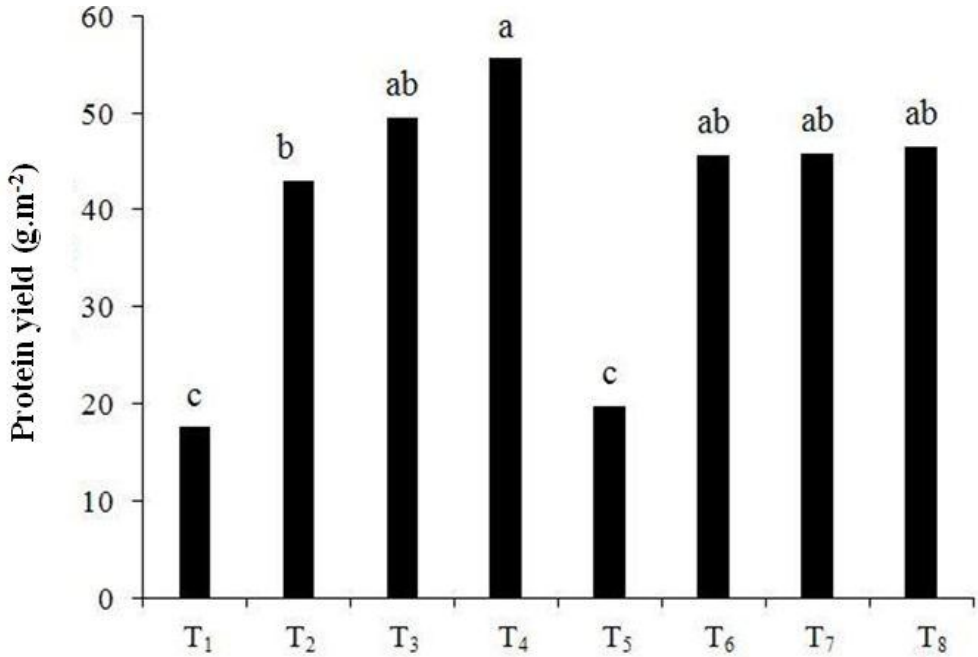
تیمار Treatment	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7
نسبت برابری زمین Land equivalent ratio	1.09	1.28	1.22	1.25	1.66	1.52	1.48
شاخص رقابت Competition index	0.56	0.3	0.25	0.2	0.03	0.09	0.11

T_1 تا T_3: به ترتیب کشت مخلوط جایگزینی 25:75، 50:50 و 75:25 لوبیا: آفتابگردان و T_4 تا T_7 به ترتیب مخلوط افزایشی 25، 50، 75 و 100 درصد لوبیا با آفتابگردان

T_1 to T_3: Replacement intercropping of 25:75, 50:50, and 75:25 for bean:sunflower and T_4 to T_7: additive intercropping of 25, 50, 75 and 100% bean with sunflower, respectively.

توحیدی نژاد و همکاران (Tohidy Nejad et al., 2004) در بررسی کشت مخلوط ذرت و آفتابگردان به چنین نتایجی دست یافتند. همان‌طور که در جدول 8 مشخص شده است، در تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بیشتر از یک است که نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط این دو گونه نسبت به تک‌کشتی می‌باشد. به طوری‌که بررسی الگوهای مختلف کاشت نشان داد که نسبت برابری زمین بین 1/09 و 1/66 می‌باشد. به عبارت دیگر، بر اساس نتایج حاصل از این آزمایش برای به دست آوردن محصولی که از یک هکتار کشت مخلوط لوبیا و آفتابگردان تولید می‌شود، باید حداقل 0/09 و حداکثر 0/66 هکتار زمین اضافی در تک‌کشتی، زیر کشت رود تا عملکردی

معادل با عملکرد مخلوط در خالص حاصل گردد. علت برتری کشت مخلوط دو گونه نسبت به تک‌کشتی آن را می‌توان به اثر مکملی آن‌ها در استفاده از منابع نسبت داد. در کل، کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان کمترین میزان شاخص رقابت (0/03) و بیشترین میزان LER (1/66) را به خود اختصاص داد که منجر به افزایش 66 درصدی در کارایی استفاده از زمین زراعی می‌شود. این مزیت به دلیل وجود اختلافات فیزیولوژیکی و مرفولوژیکی بین اجزای کشت مخلوط می‌باشد. نتایج مشابهی در کشت مخلوط نخود و کلزا (Kumar & Singh., 2006) و گندم و نخود (Banik et al., 2006; Mashhadi et al., 2016) گزارش شده است.



1- اثر الگوهای مختلف کشت مخلوط با آفتابگردان بر عملکرد پروتئین لوبیا

Fig. 1- Effect of different intercropping patterns with sunflower on protein yield of bean

(T_1 تا T_4: به ترتیب کشت مخلوط جایگزینی 75:25، 50:50 و 25:75 لوبیا: آفتابگردان و کشت خالص لوبیا و T_5 تا T_8 به ترتیب کشت مخلوط افزایشی 25، 50، 75 و 100 درصد لوبیا با آفتابگردان)

(T_1 to T_4: Replacement intercropping of 25:75, 50:50, and 75:25 for bean: sunflower and bean sole crop, and T_5 to T_8: additive intercropping of 25, 50, 75 and 100% bean with sunflower, respectively.)

میانگین‌های دارای حروف مشترک در شکل، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means within a Figure followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

نتیجه‌گیری

به طورکلی علی‌رغم این‌که عملکرد هر یک از گونه‌ها در کشت مخلوط در مقایسه با تک‌کشتی کاهش یافت، ولی در نهایت عملکرد کل دو گونه در کشت‌های مخلوط بیشتر از کشت‌های خالص آن‌ها بود، به طوری‌که شاخص‌های مختلف ارزیابی سودمندی کشت مخلوط نشان از برتری کشت مخلوط دو گونه نسبت به تک‌کشتی هر یک از آن‌ها داشت. در تمامی تیمارهای مخلوط نسبت برابری زمین بیشتر از یک و شاخص رقابت کمتر از یک بود. بیشترین میزان LER در تیمار کشت مخلوط افزایشی 50 درصد لوبیا با آفتابگردان مشاهده شد که در مقایسه با تک‌کشتی هر یک از گونه‌ها از افزایش 66 درصدی در بهره‌وری زمین برخوردار بود. در این آزمایش دستیابی به LER بالاتر از یک نشان می‌دهد که کشت‌های مخلوط دو گونه در مقایسه با کشت خالص از منابع محیطی، شامل نور و عناصر غذایی به طور مؤثرتری استفاده کرده و در نتیجه اجزای کشت مخلوط مکمل هم بوده‌اند. در کل، با توجه به نتیجه آزمایش تیمارهای بالاتر از 50 درصد در کشت مخلوط افزایشی برای تحقیقات بعدی و

تکمیلی توصیه نمی‌شود.

منابع

Aliyu, B.S., and Emechebe, A.M. 2006. Effect of intra- and inter-row mixing of sorghum with two varieties of cowpea on host crop yield in a Striga hermonthica L. infested field. African Journal of Agricultural Research 1(2): 24-26.

Asgharipour, M., and Rafiei, Z. 2010. Intercropping of isabgol (*Plantago ovata* L.) and lentil as influenced by drought stress. American-Eurasian Journal Agriculture and Environ Sciences 9(1): 62-69.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Ghose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive experiment: European Journal of Agronomy 24(4): 325-332.

Carruthers, K., Prithirviraj, B., Clouter, D., Martin, R.C., and Smith, D.L. 2000. Intercropping corn with soybean, lupin and forages: Yield component responses. European Journal of Agronomy 12(2): 103-115.

Daryaei, F., Agha Alikhani, M., and Chaichi, M.R. 2008. Comparison advantage index of intercropping chickpea and barley in forage manufacture. Agriculture and Natural Resources System 21: 35-40.

Eshgizadeh, H.R., Chaichi, M.R., Ghalavand, A., Shabani, G., Azizi, K., Tourknejad, A., Raeisi Yazdi, H., and Papizadeh, A. 2007. Evaluation of annual medic and barley intercropping on forage yield and protein content in dry farming system. Pajouhesh and Sazandegi 75(2): 102-112. (In Persian with English Summary)

Geren, H., Avcioglu, R., Soya, H., and Kir, B. 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. Biotechnology 7(22): 4100-4104.

Ghanbari Bonjar, A. 2000. Intercropped wheat (*Triticum aestivum* L.) and bean (*Vicia faba* L.) as a low–input forage. PhD dissertation, Wye College, University of London.

Ghosh, P.K., Manna, M.C., Bandyopadhyay, K.K., Ajay Tripathi, A.K., Wanjari, R.H., Hati, K.M., Misra, A.K., Acharya, C.L., and Subba Rao, A. 2006. Inter-specific interaction and nutrient use in soybean sorghum intercropping system. Agronomy Journal 98(4): 1097-1108.

Hamzei, J. 2012. Evaluation of yield, SPAD index, land use efficiency and system productivity index of barley (*Hordeum vulgare* L.) intercropped with bitter vetch (*Vicia ervilia* L.). Journal of Crop Production and Processing 2(4): 79-92.

Haugaard-Nielsen, H., and Jeanson, E.S. 2001. Evaluating pea and barley cultivars for complementarily in intercropping at different levels of N availability. Field Crop Research 72(3): 185-196.

Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Mortensen, G., Fieldsend, J.K., Milford, G.F.J., Andersen, M.N., and Thage, J.H. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. Field Crops Research 47: 93-105.

Kasem, M.M., and El-Mesillhy, M.A. 1992. Effect of rates and application treatments of nitrogen fertilizer on sunfflower (*Helianthus annus* L.) II. Yield and yield components. Journal of Agriculture Science 30: 665-676.

Koocheki, A.R., Gholami, A., Mahdavi Damghani, A., and Tabrizi, L. 2005. Organic Agriculture. Ferdowsi Press 385 pp. (In Persian)

Kumar, A., and Singh, B.P. 2006. Effect of row ratio and phosphorus level on performance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) –Indian mustard (*Brassica juncea* L.) intercropping. Indian Journal of Agronomy 51(2): 100-102.

Leon, A.J., Lee, M., Rufener, G.K., Berry, S.T., and Mowers, R.P. 1995. Use of RFLP markers for genetic linkage analysis of oil percentage in sunflower seed. Crop Science 35(1): 558-564.

Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., and Yiakoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crop Research 99(3): 106-113.

Maffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/soybean strip intercropping. Field Crop Research 84(3): 229-240.

Mahfouz, H., and Imager, E.A. 2004. Effect of intercropping, weed control treatment and their interaction on yield and its attributes of chickpea and canola. Egyptian Journal Applied Science 19(4): 84-101.

Mashhadi, T., Nakhzari Moghaddam, A., and Sabouri, H. 2016. Investigation of competition indices in intercropping of wheat (*Triticum aestivum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) under nitrogen consumption. Journal of Agroecology 3(1): 344-355. (In Persian with English Summary)

Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran, Iran 262 pp. (In Persian)

Mirhashemi, S.M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Evaluation benefit of ajowan and fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 259-269. (In Persian with English Summary)

Mohler, C.L., and Liebman, M. 1987. Weed productivity and composition in sole crop and intercrops of barley and field pea. Journal of Applied Ecology 24(1): 685-699.

Morales, R.E.J., Escalante, E.J.A., Sosa, C.L., and Volke, H.V.H. 2009. Biomass, yield and land equivalent ratio of *Helianthus annus* L. in sole crop and intercropped with *Phaseolus vulgaris* L. in high valleys of Mexico. Tropical and Subtropical Agroecosystems 10(3): 431-439.

Mousavian, S.N., Lorzadeh, S., Abrahim Poor, F., and Seyed Mohammad, S.A.R. 2010. Effect of nitrogen levels and planting ratios on intercropping maize and sunflower in Khuzestan. Research in Crop Science 8(4): 708-716. (In Persian with English Summary)

Njoku, S.C., Muoneke, C.O., Okpara, D.A., and Agbo, F.M.O. 2007. Effect of intercropping varieties of sweet potato and okra in an ultisol of southeastern Nigeria. African Journal of Biotechnology 6(14): 1650-1654.

Park, S.E., Benjamin, L.R., and Watkinson, A.R. 2002. Comparing biological productivity in cropping systems: A competition approach. Journal of Applied Ecology 39(3): 416-426.

Poggio, S.L. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agriculture Ecosystem and Environment 109(2): 48-58.

Poor Amir, F., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Assessment of sesame and chickpea yield and yield components in the replacement series intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 747-757. (In Persian with English Summary)

Rahimi, M.M., Mazaheri, D., Khodabandeh, N., and Heydari Sharif Abadi, N. 2005. Study of yield and yield components of maize and soybean the intercropping. Pajouhesh and Sazandegi 55(5): 41-51. (In Persian with English Summary)

Saleem, R., Umar, F.M., and Ahmed, R. 2003. Bioeconomic assessment of different sunflower based intercropping systems at different geometric configurations. Pakistan Journal of Biological Sciences 6(13): 1187-119.

Saudy, H.S., and Elmetwally, I.M. 2009. Weed management under different patterns of sunflower– soybean intercropping. Journal of Central European Agriculture 10(1): 41-52.

Singh, J.K. 2007. Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping to different row ratios and nitrogen levels under rainfed conditions of temperate Kashmir. Indian Journal of Agronomy 52(1): 36-39.

Szumigalski, A.R., and Acker, R.C.V. 2006. Nitrogen yield and land use efficiency in annual sole crops and intercrops. Agronomy Journal 98(4): 1030-1040.

Tohidy Nejad, E., Mazaheri, D., and Koocheki, A.R. 2004. Study of maize and sunflower intercropping. Pajouhesh and Sazandegi 64(3): 39-45. (In Persian with English Summary)

Tsubo, M., Walker, S., and Mukhala, E. 2001. Comparison of radiation use efficiency of mono intercropping systems with different row orientations. Field Crop Research 71(1): 17-29.

Ujjinaiah, U.S., Rajashekar, B.G., Venugopal, N., and Seenappa, K. 1991. Sunflower pigeon pea intercropping. Journal of Oilseed Research 8(3): 72-80.

Ullah, A., Bhatti, M.A., Gurman, Z.A., and Imran, M. 2007. Studies on planting patterns of maize (*Zea mays* L.) facilitating legumes intercropping. Journal of Agricultural Research 45(2): 113-118.

Wenxue, L., Long, L., Jianhao, S., Tianwen, G., Fusuo, Z., Xingguo, B., Peng, A., and Tang, C. 2005. Effects of inter cropping and nitrogen application on nitrate present in the profile of an orthic anthrosol in northwest China. Agriculture Ecosystems and Environment 105(3): 483-491.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 490-504

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 504-490

Study of Quality and Quantity of Yield and Land Equivalent Ratio of Sunflower in Intercropping Series with Bean

J. Hamzei[1*] and M. Babaei[2]

Submitted: 15-07-2014
Accepted: 07-09-2014

Hamzei, J., and Babaei, M. 2017. Study of quality and quantity of yield and land equivalent ratio of sunflower in intercropping series with bean. Journal of Agroecology 8(4): 490-504.

Introduction

Intercropping is an old and widespread practice used in low input cropping systems in many areas of the world. In fact, intercropping is claimed to be one of the most significant cropping techniques in sustainable agriculture, and many researches and reviews attribute its utilization to the number of environmental benefits from promoting land biodiversity to diversifying agricultural outcome. Furthermore, it is thought to be a useful mean for minimizing the risks of agricultural production in many environments, including those typical of under-developed or marginal areas. Intercropping systems, especially those employing non legumes with legumes, have several major advantages such as higher total yield and better land use efficiency (Dhima et al., 2007), yield stability of the cropping system (Lithourgidis et al., 2007), better utilization of light, water, and nutrients (Javanmard et al., 2009), improved soil conservation and better control of pests and weeds. Intercrops including of legume are common in agriculture ecosystems, but now are rarely used in developed countries, except for certain intercropping systems used for animal feed. Intercrops can use the available environmental resources more efficiently and thus result in higher yields than mono crops. The reasons for the higher yield in such systems is that the intercropped species do not compete for exactly the same growth resource niche and thereby tend to use the available resources in a complementary way. In particular, non legumes seem to be more competitive for soil inorganic nitrogen (N) than legumes due to faster and deeper root growth and higher demand in N. Consequently, the legumes usually increase their reliance on symbiotic N2 fixation. In the present study, it was aimed to assess the production of biomass, yield, grain quality and land equivalent ratio (LER) in plant society of sunflower/bean.

Materials and methods

This experiment was carried out with aim of evaluation of the yield, seed quality and LER in sunflower and bean intercropping based on a randomized complete block design with three replications and nine treatments at Bu-Ali Sina University during growing season 2010-2011. Additive intercropping of 25, 50, 75 and 100% bean with sunflower, replacement intercropping of 25:75, 50:50 and 75:25 (bean:sunflower) and monoculture of sunflower and bean were the experimental treatments. SAS procedures and programs were used for analysis of variance (ANOVA) calculations. The significance of the treatment impact was determined using F-test by measuring significant differences between the means of the treatments, and least significant differences (LSD) were estimated at the probability level of 5%.

Results and discussion

Results indicated that with shifting from sole cropping toward intercropping, seed weight, kernel weight, kernel to seed ratio, seed yield, biological yield, harvest index (HI), oil percentage and yield and protein yield decreased significantly, but protein percentage and SPAD reading increased. The highest sunflower seed yield (353 g.m-2) without significant difference with additive intercropping of 50% bean with sunflower observed at sole cropping of sunflower. Except seed number per pod and protein percentage, the effect of treatments was significant on pod number per plant, 100- seeds weight, seed yield, biological yield, harvest index, yield of protein and SPAD reading of bean. Maximum yield of bean recorded in bean sole cropping treatment. In all intercropping treatments, the value of LER was more than one and the value of competition index (CI) was less

1 and 2- Associate Professor and Former MSc Student, Department of Crop Production and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: j.hamzei@basu.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.31250

than one. Treatment of additive intercropping of 50% bean with sunflower had the lowest CI (0.03) and the highest LER (1.66).

Conclusion

Therefore, it seems that additive intercropping of 50% bean with sunflower treatment is suitable treatment for maximum production in society of sunflower and bean.

Keywords: Competition index, Land equivalent ratio (LER), Seed quality, Sole cropping, Oil yield

References

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Research 100: 249-256.

Javanmard, A., Nasab, A.D.M., Javanshir, A., Moghaddam, M., and Janmohammadi, H. 2009. Forage yield and quality in intercropping of maize with different legumes as double-cropped. Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 163-166.

Lithourgidis, A.S., Dhima, K.V., Vasilakoglou, I.B., Dordas, C.A., and Yiakoulaki, M.D. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. Agronomy for Sustainable Development 27: 95-99.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 505-520

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 520-505

بررسی مدل مناسب تعیین نیاز آبی زعفران (*Crocus sativus* L.) و تعیین میزان تنش‌های آبی وارده

محسن احمدی[1*]، عباس خاشعی سیوکی[2] و محمد حسن سیاری[3]

تاریخ دریافت: 1393/07/30
تاریخ پذیرش: 1394/05/07

احمدی، م.، خاشعی سیوکی، ع.، و سیاری، م.ح. 1395. بررسی مدل مناسب تعیین نیاز آبی زعفران (*Crocus sativus* L.) و تعیین میزان تنش‌های آبی وارده. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی 8(4): 520-505.

چکیده

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی نیمه‌گرمسیری است که کشت آن در استان‌های خراسان جنوبی و رضوی از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به اهمیت مقدار آب آبیاری در عملکرد زعفران، این تحقیق به منظور تعیین مناسب‌ترین معادله تبخیر- تعرق نسبت به مدل فائو پنمن مانتیث (و ارائه یک مدل تک پارامتره) در دشت بیرجند انجام شد. بدین منظور از آماره‌های R^2، MBE، RMSE و EF برای مقایسه معادلات تبخیر- تعرق نسبت به معادله فائو- پنمن- مانتیث استفاده شد. همچنین مقدار آب آبیاری توسط کشاورزان در این دشت تعیین گردید و با نیاز آبی به دست آمده توسط معادله فائو- پنمن- مانتیث مقایسه شد. نتایج نشان داد که معادلات بلانی- کریدل، جنسن- هیز اصلاح شده و هارگریوز از دقت بهتری نسبت به سایر معادلات برخوردار بودند. همچنین نیاز آبی زعفران در دشت بیرجند با استفاده از روش فائو- پنمن- مانتیث 2350 مترمکعب در هکتار برای یک فصل زراعی برآورد شد و معادله هارگریوز با اختلاف 161/23- مترمکعب در هکتار نسبت به این روش، به عنوان مدلی مناسب تعیین گردید. همچنین با ارائه مدل تک پارامتره مبتنی بر دما مشاهده شد که این معادله تک پارامتره، برآورد دقیقی نسبت به سایر روش‌های تعیین تبخیر- تعرق داشت. اختلاف آب به کار برده شده توسط کشاورزان و نیاز آبی برآورد شده توسط معادله فائو- پنمن- مانتیث برابر 1184/17 مترمکعب در هکتار برای یک فصل زراعی تعیین گردید. با توجه به پراکندگی مزارع زعفران و عدم دسترسی به همه پارامترهای هواشناسی، استفاده از معادله هارگریوز و معادله تک پارامتره مبتنی بر میانگین دما، به منظور تعیین دقیق نیاز آبیاری، پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، مدل تک‌پارامتره، مدل فائو پنمن مانتیث

مقدمه

زعفران (*Crocus sativus* L.) گیاهی نیمه‌گرمسیری است و در نقاطی که دارای زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم و خشک باشد به خوبی رشد می‌کند. این گیاه در دمای بین 35 تا 40 درجه سانتی‌گراد و در ارتفاع بین 1300 تا 2300 متر از سطح دریا عملکرد خوبی دارد (Behnia, 1989). بنه‌های این گیاه در تابستان به صورت راکد در زمین باقی می‌ماند و از اوایل پاییز رشد دوباره خود را آغاز می‌کند (Bari Abarghoei et al., 2001). بر اساس گزارش‌های منتشر شده میزان تولید سالیانه زعفران در جهان حدود 200 تن می‌باشد (Ehsanzadoh et al., 2004; Rezvani-Moghaddam et al., 2007) که با توجه به این‌که ایران منشأ اصلی کشت این گیاه بوده (Mollafilabi, 2004; Mobaraki, 2005)؛ سهم قابل توجهی در تولید زعفران در جهان نیز دارد. اکثر زمین‌های زیر کشت این محصول در ایران در استان‌های خراسان جنوبی و رضوی قرار دارد به طوری‌که استان خراسان رضوی با سطح زیر کشت بیش از 49 هزار

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی دکتری آبیاری و زهکشی دانشگاه شهید چمران اهواز، استادیار، گروه مهندسی آب و استادیار، گروه خاک‌شناسی و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند
(*- نویسنده مسئول: Email: m.ahmadee@ymail.com)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.40517

هکتار و تولید سالانه 148 تن و استان خراسان جنوبی با سطح زیر کشت بیش از 11 هزار هکتار و تولید 41 تن در سال (SRSKP, 2010) این محصول را تولید می‌کنند. بعد از ایران کشورهای اسپانیا، یونان، هند، مراکش و آذربایجان از مهم‌ترین کشورهای تولید کننده زعفران به شمار می‌روند (Kafi et al., 2002). از طرفی خصوصیات ویژه زعفران باعث شده است که شیوه کشت آن، که در نوع خود از پیچیدگی بسیاری برخوردار است، بین کشاورزان نسل به نسل منتقل شود. زعفران به عنوان گران‌بهاترین گیاه زراعی موجود روی کره زمین نیز محسوب می‌شود و تنها گیاهی است که واحد خرید و فروش آن به جای تن و کیلوگرم، مثقال است (Rashed et al., 2006).

با توجه به خصوصیات اقلیمی و کمبود آب در شهرستان بیرجند و هم‌چنین کشت عمده این محصول، توجه به نیاز آبی آن اهمیت خاصی پیدا می‌کند. از طرفی نظام‌های سنتی آبیاری و کشاورزی در این منطقه سبب به هدر رفتن منابع آبی می‌گردد. به همین دلیل اهمیت طراحی و برنامه‌ریزی دقیق آبیاری به منظور استفاده بهتر از آب آبیاری در این منطقه نیاز می‌باشد (Stegman & Bauer, 1977). بررسی میزان تبخیر- تعرق یکی از اساسی‌ترین نیازهای طراحی سیستم‌های آبیاری است و تخمین دقیق آن در ارتقا سطح بهره‌برداری از منابع آب در کشاورزی مؤثر می‌باشد. وجود خطا در ارزیابی تبخیر- تعرق می‌تواند در تعیین نیاز آبی گیاهان و راندمان‌های آبیاری اثر منفی داشته باشد. این موضوع به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک که با کمبود منابع آب مواجه هستند ضرورتی اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

با توجه به وابسته بودن تبخیر- تعرق گیاهان به تعیین تبخیر- تعرق گیاه مرجع، در طی نیم قرن گذشته ده‌ها روش برای تعیین تبخیر- تعرق گیاه مرجع ارائه شده است (Burman & Pochop, 1992). دقیق‌ترین روش برآورد مقدار تبخیر- تعرق استفاده از لایسی‌متر وزنی است. اما به علت هزینه‌بر بودن این روش و در دسترس نبودن آمار مربوط به آن، از روش‌های تجربی برای برآورد تبخیر- تعرق استفاده می‌شود و برای مقایسه این روش‌ها از روش استاندارد استفاده می‌گردد (Allen et al., 1994). مطالعات انجام شده در نقاط مختلف جهان مبین آن است که دقت مقدار تبخیر- تعرق برآورد شده با رابطه فائو- پنمن- مانتیث در مقایسه با مقادیر اندازه‌گیری لایسی‌متری نسبت به سایر روش‌ها بهتر می‌باشد و در شرایطی که داده‌های لایسی‌متری در دسترس نباشد به عنوان یک روش استاندارد توصیه می‌شود (Jensen et al., 1990; Hargreaves, 1994; Allen et al., 1998). همچنین با توجه به این‌که در اکثر ایستگاه‌های هواشناسی تجهیزات مورد نیاز جهت اندازه‌گیری پارامترهای معادله فائو-پنمن-مانتیث به عنوان روش استاندارد وجود ندارد لذا می‌بایست از معادلات دیگری استفاده نمود که به پارامترهای هواشناسی کمتری نیاز دارند و برای ارزیابی صحت این معادلات باید نتایج حاصل از آن‌ها را با معادله فائو- پنمن- مانتیث مقایسه کرد (Shih, 1984).

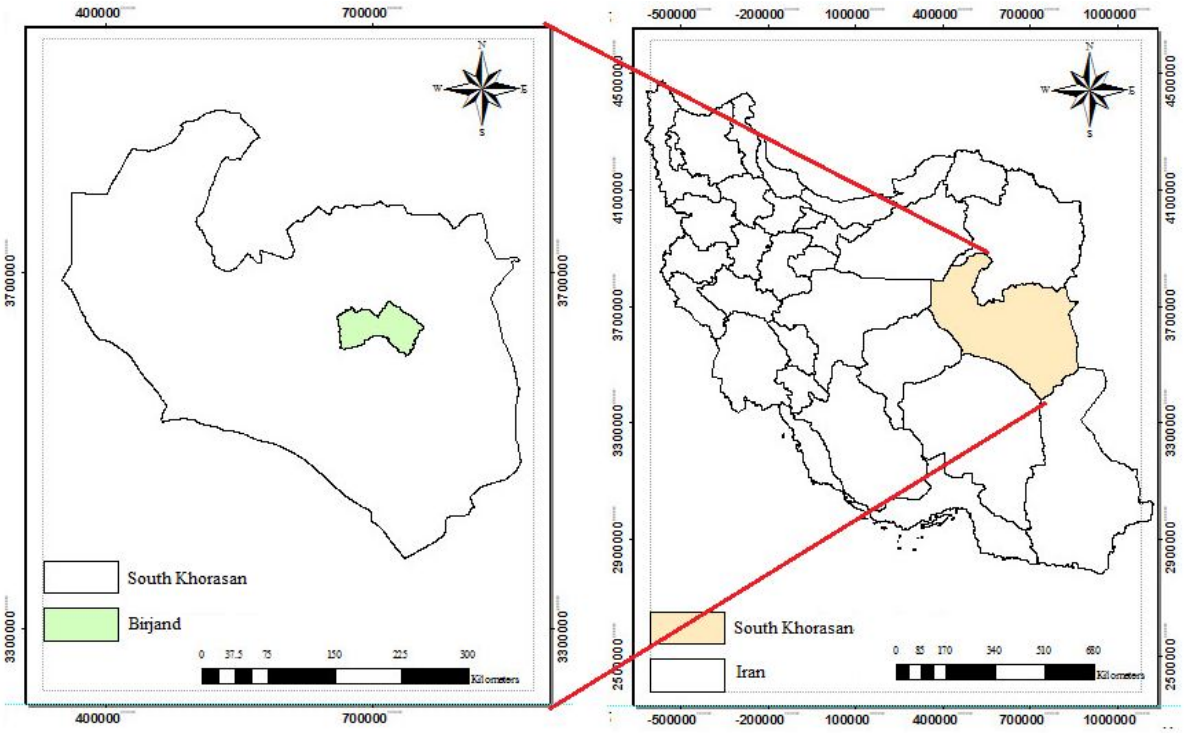
در خصوص ارزیابی روش‌های مختلف تبخیر- تعرق تحقیقات زیادی انجام شده است. آماتیا و همکاران (Amatya et al., 1995) با مطالعه روش‌های مختلف، روش تورک را بهترین روش برآورد برای مناطق مرطوب و ساحلی شرق آمریکا معرفی نمودند. ساعد (Saeed, 1986) به بررسی بهترین معادله تعیین تبخیر- تعرق در عربستان پرداخت. در مطالعه‌ای دیگر، تبخیر- تعرق دو گیاه مرجع چمن (*Poa pratensis* L.) و یونجه (*Medicago sativa* L.) با نتایج تشتک تبخیر مقایسه گردید (Maaroofi et al., 2008). بیات ورکشی و همکاران (Baiat Varkeshi et al., 2008) میزان تبخیر- تعرق را در شهرهای تبریز، اردبیل و ارومیه در شمال غرب کشور با 14 معادله ارائه شده برای تبخیر- تعرق محاسبه کرده و با نتایج حاصل از روش فائو- پنمن- مانتیث مقایسه نمودند. زندی لک (Zandilak, 2011) از روش‌های پنمن- مانتیث، هارگریوز- سامانی، جنسن- هیز، تورنت- وایت و بلانی- کریدل برای تخمین تبخیر تعرق گیاه مرجع استفاده نمود. نساجی زواره و صادقی فر (Nasaji Zavareh & Sadeghifar, 2007) از معادله‌های ارائه شده برای برآورد میزان تبخیر- تعرق در کرج استفاده نمودند. همچنین پاکدین و همکاران (Pakdin et al., 2012) درحوزه آبخیز آقا چربی فاروج برای تعیین تبخیر- تعرق پتانسیل از روش‌های ارائه شده استفاده نمودند.

اهداف این تحقیق عبارتند از: الف) تعیین مناسب‌ترین معادله تبخیر- تعرق نسبت به مدل فائو- پنمن- مانتیث در دشت بیرجند، ب) مقایسه نیاز آبی زعفران بر اساس معادلات مختلف تعیین تبخیر- تعرق، پ) ارائه یک مدل ساده و دقیق به منظور تعیین سریع نیاز آبی زعفران در دشت بیرجند

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی نیاز آبی زعفران در شهرستان بیرجند

در سال 1393 انجام شد. این شهرستان با طول جغرافیایی ´21 °59 و عرض جغرافیایی ´87 32 و با ارتفاع 1491 از سطح دریا در شرق ایران قرار دارد (شکل 1). به منظور بررسی بهترین معادله تعیین تبخیر- تعرق از معادلات فائو- پنمن- مانتیث، بلانی- کریدل، هارگریوز، تورک، پریستلی تیلور، تورنت وایت، جنسن- هیز، ماکینگ، جنسن- هیز اصلاح شده، ایرماک (R_n)، ایرماک (R_s)، لاری- جانستون و تشت تبخیر کلاس A استفاده شد. پارامترهای مورد نیاز این معادلات از ایستگاه هواشناسی (سینوپتیک) شهرستان بیرجند در بازه زمانی 93-1363 تهیه شد و به منظور یکسان‌سازی نتایج کلیه معادلات، از متوسط ماهیانه داده‌ها استفاده گردید. این معادلات در جدول 1 نشان داده شده‌اند.



شکل 1- موقعیت مکانی شهرستان بیرجند

Fig. 1- Location of Birjand county

که در این معادله‌ها، T متوسط دمای هوا (°C)، U_2 سرعت باد در ارتفاع دو متری ($m.s^{-1}$)، R_n تابش خالص در سطح زمین ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$)، $e_s - e_a$ کمبود فشار بخار اشباع هوا (KPa)، Δ شیب منحنی فشار بخار اشباع با دما ($KPa.C^{-1}$)، R_a تابش ماوراء زمینی ($mm.day^{-1}$)، Rs کل تابش خورشیدی ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$)، T_{min} دمای کمینه (°C) و T_{max} دمای بیشینه (°C)، λ گرمای نهان تبخیر (MJ/Kg) و RH درصد متوسط رطوبت نسبی، RH_{min} درصد رطوبت نسبی حداقل، E_a میانگین فشار بخار واقعی هوا در ارتفاع 1/5 تا 2 متری (KPa)، α ضریب ثابت پریستلی- تیلور و برابر 1/26، G چگالی شار حرارتی حرارتی خاک ($MJ.m^{-2}.day$)، N_m ضریب اصلاحی (تابعی ازطول جغرافیایی منطقه و ماه مورد نظر)، I شاخص حرارتی سالانه، D متوسط حداکثر ساعات آفتابی ممکن در هر ماه در عرض جغرافیایی، N تعداد روزهای ماه مورد نظر، P ضریب روشنایی یا درصد ساعات روشنایی روزانه، n/N نسبت ساعات آفتابی به مدت روشنایی روز، E پتانسیل تبخیر ماهیانه ($mm.day^{-1}$)، C_T، K_T و T_x ثابت‌های سالانه، h ارتفاع از سطح دریا (m)، D_m مقدار درجه- روز تجمعی برای دماهای بیشینه، γ ثابت سایکرومتری ($KPa.C^{-1}$)، K_p ضریب تشت تبخیر و E_{Pan} تبخیر از تشت کلاس A می‌باشند.

جدول 1- معادلات تبخیر- تعرق و پارامترهای مورد استفاده در هر معادله

Table 1- Evapotranspiration equations and their parameters in each equation

نام معادله Equation	معادله Equation	تعداد پارامترها Number of parameters	علامت اختصاری Symbol
فائو- پنمن- مانتیث FAO-Penman-Montieth	$ETo=\dfrac{0.408\Delta(R_n-G)+\gamma\left[\dfrac{900}{\frac{T_{\min}+T_{\max}}{2}+273}\right]U_2(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+0.34U_2)}$	9	FAO56-PM
بلانی- کریدل Blaney-Criddle	$ETo=a+b\left\{P(0.46T+8.13)\right\}$ $a=0.0043RH-\dfrac{n}{N}-1.41$ $b=f\ (RH_{\min},\dfrac{n}{N},U_d)$	7	B-C
هارگریوز Hargreaves	$ETo=0.0023R_a(\dfrac{T_{\min}+T_{\max}}{2}+17.8)(T_{\min}+T_{\max})^{0.5}$	3	H-S
تورک Turc	$ETo=0.013a_T\dfrac{\frac{T_{\min}+T_{\max}}{2}}{\frac{T_{\min}+T_{\max}}{2}+15}\dfrac{23.8856R_s+50}{\lambda}$ $RH\geq 50\rightarrow a_T=1$ $RH<50\rightarrow a_T=1+\dfrac{50-RH}{70}$	6	T
پریستلی- تیلور Priestley-Taylor	$ETo=\dfrac{\alpha}{\lambda}\dfrac{\Delta}{\Delta+\gamma}(R_n-G)$	5	P-T
تورنت وایت Thornthwaite	$ETo=16N_m\left(\dfrac{10T}{I}\right)^a\left(\dfrac{D}{12}\right)\left(\dfrac{N}{30}\right)$	5	T-W
جنسن- هیز Jensen-Haise	$ETo=\dfrac{23.9(0.025T+0.08)R_s}{59}$	2	J-H
ماکینک Makkink	$ETo=0.61\dfrac{\Delta}{\Delta+\gamma}\dfrac{R_s}{\lambda}-0.12$	4	M
جنسن- هیز اصلاح شده Modified Jensen-Haise	$ETo=0.408R_sC_T(\dfrac{T_{\min}+T_{\max}}{2}-T_x)$ $T_x=-2.5-0.14(\exp[\dfrac{19.08T_{\max}+429.41}{T_{\max}+237.3}]-\exp[\dfrac{19.08T_{\min}+429.41}{T_{\min}+237.3}])-\dfrac{h}{500}$	5	M-J-H
ایرماک (R_n) Irmak (Rn)	$ETo=0.489+0.289R_n+0.023T$	2	I-Rn
ایرماک (R_s) Irmak (Rs)	$ETo=-0.611+0.149R_s+0.079T$	2	I-Rs
لاری- جانسون Lowry-Johnson	$ETo=0.0856D_m+0.244$	1	L-J
تشت تبخیر کلاس A Pan	$ETo=K_p(E_p)$	2	Pan

برای ارزیابی مدل‌های ارائه شده، مدل فائو- پنمن- مانتیث به عنوان مدل پایه در نظر گرفته شد و نتایج حاصل از سایر مدل‌ها با استفاده از آماره‌های RMSE[1]، MBE[2]، EF[3] و R^2 نسبت به این مدل سنجیده شدند. این آماره‌ها به ترتیب در معادله‌های 1 تا 4 نشان داده شده است (Remsean et al., 2008; Trajkovic & Kolakovic, 2009).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{n}} \quad (1)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i}^{n}(P_i - O_i)}{n} \quad (2)$$

$$EF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^{n}(O_i - \overline{O})^2} \quad (3)$$

$$R^2 = \frac{\left(\sum(P_i - \overline{P})(O_i - \overline{O})\right)^2}{\sum(P_i - \overline{P})^2 \sum(O_i - \overline{O})^2} \quad (4)$$

در معادله‌های فوق، P_i مقدار برآورد شده و O_i مقدار اندازه‌گیری شده، $\overline{P}$ میانگین مقادیر برآورد شده، $\overline{O}$ میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده و n برابر تعداد مقایسه‌ها می‌باشد. مقدار آماره RMSE همواره مثبت بوده و هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد بهتر است. مقدار مثبت آماره MBE نشان‌دهنده این است که مدل میزان رطوبت را بیشتر از مقدار واقعی برآورد کرده است و مقادیر منفی بیانگر این است که مدل در برآورد رطوبت عدد کوچکتری به دست داده است. مقدار EF نشان‌دهنده صحت برازش داده‌ها می‌باشد و از مقدار منفی بی‌نهایت در بدترین حالت تا یک در زمان برازش کامل داده‌ها متغیر است. مقدار R^2 از صفر تا یک تغییر می‌کند و هر چه به یک نزدیک‌تر باشد نشان‌دهنده برازش بهتر داده‌ها می‌باشد.

برای تعیین نیاز آبی زعفران از ضریب گیاهی ارائه شده در جدول 2 استفاده شد (Sepaskhah & Kamgar-Haghighi, 2009). با مشاهدات و اندازه‌گیری‌های صحرایی، اطلاعاتی از جمله مقدار آب آبیاری، زمان و تعداد دفعات آبیاری در مزارع زعفران این دشت تعیین گردید. مقدار آب اختصاص داده شده به مزارع، بر اساس تعیین دبی منابع آبی مورد استفاده مشخص شد. این مقدار با تعیین راندمان انتقال (در مزارعی که فاصله منبع تأمین آب تا مزارع قابل توجه بوده) و باران مؤثر اصلاح شد. سپس آب آبیاری برآورد شده در شرایط واقعی با نیاز آبی تعیین شده توسط روش فائو- پنمن- مانتیث مقایسه گردید.

سپس از آزمون گاما جهت بررسی مهمترین عامل تأثیرگذار بر تبخیر- تعرق استفاده شد. در این روش، اگر مجموعه‌ای از داده‌ها با مقادیر ورودی x_i، خروجی y_i و تعداد M سری مشاهده شده از مجموعه (معادله 5) وجود داشته باشد، آنگاه با فرض عدم قطعیت و پذیرش خطا، آن را به صورت معادله 6 نشان می‌دهند؛ که در آن، f تابع همواری برای مدل‌سازی و r بیانگر متغیر تصادفی برای نشان دادن خطا می‌باشد. آزمون گاما بر اساس $N[i,k]$ می‌باشد که با فرض نزدیک‌ترین همسایگی P، مقادیر ورودی و خروجی طبق معادله‌های 7 و 8 تعیین می‌شوند (Remsean et al., 2008; Noori et al., 2009).

$$\{(x_i, y_i), 1 \le i \le M\} \quad (5)$$

$$y = f(x_1, x_2, ..., x_m) + r \quad (6)$$

$$\delta_M(k) = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}\left|x_{N(i,k)} - x_i\right|^2 \quad 1 \le k \le p \quad (7)$$

$$\gamma_M(k) = \frac{1}{2M}\sum_{i=1}^{M}\left|y_{N(i,k)} - y_i\right|^2 \quad 1 \le k \le p \quad (8)$$

با برازش رگرسیون بین P مجموعه $(\gamma_M(k), \delta_M(k))$ مقدار گاما برابر عرض از مبدأ خط رگرسیون به دست آمده (معادله 9) می‌باشد.

$$\gamma = A\delta + \Gamma \quad (9)$$

مقدار گاما نشان‌دهنده بخشی از واریانس داده‌های خروجی است که توسط مدل نمی‌تواند برآورد گردد. شیب خط رگرسیون نیز نشان‌دهنده پیچیدگی مدل است و هر چه مقدار آن بیشتر باشد پیچیدگی مدل نیز بیشتر خواهد بود. $Vratio$ پارامتر دیگری است که به صورت معادله (10) تعریف می‌شود که در این معادله، σ^2 واریانس

1- Root mean square error
2- Mean bias error
3- Efficiency factor

نتایج می‌باشد. مقدار این پارامتر عددی بین صفر و یک است که هر چه به صفر نزدیک‌تر باشد دقت مدل بیشتر است (Remsean et al., 2008; Noori et al., 2009).

$$Vratio = \frac{\Gamma}{\sigma^2(y)} \quad (10)$$

جدول 2- ضریب گیاهی زعفران در طی فصل رشد

Table 2- Saffron crop coefficient during the growing season

11 اردیبهشت - 10 خرداد May	12 فروردین - 10 اردیبهشت April	10 اسفند-11 فروردین March	12 بهمن - 9 اسفند February	11 دی - 11 بهمن January	10 آبان - 9 آذر November	10 آذر - 10 دی December	9 مهر - 9 آبان October
0.37	0.41	0.50	0.68	0.84	0.46	0.78	0.38

نتایج و بحث

مقایسه روش‌های مختلف برآورد تبخیر- تعرق نشان داد که به جز روش تورک سایر روش‌ها از همبستگی بالایی نسبت به روش فائو- پنمن- مانتیث برخوردار هستند (شکل 2 و جدول 3). بر اساس این نتایج می‌توان روش تورک را به دلیل دارا بودن ضریب تبیین 0/512، به عنوان روشی نامناسب برای برآورد تبخیر- تعرق در این منطقه معرفی کرد. کارایی این روش بیشتر در مناطق با آب و هوای مرطوب گزارش شده است (Amatya et al., 1995). مقایسه نتایج بر اساس آماره RMSE نشان داد که روش‌های بلانی- کریدل، جنسن- هیز اصلاح شده و ماکینک به ترتیب با مقادیر 0/572، 0/721 و 0/945 میلی‌متر بر روز، کمترین میزان خطا را نسبت به روش فائو- پنمن- مانتیث داشتند. برای استفاده از این روش‌ها به ترتیب به هفت، پنج و سه پارامتر نیاز می‌باشد. همچنین روش‌های پریستلی- تیلور و ایرماک (R_n) به ترتیب با مقادیر 7/741 و 5/451 میلی‌متر بر روز، بیشترین میزان خطا را نسبت به برآورد روش پایه نشان دادند که در این روش‌ها نیز به ترتیب نیاز به تعیین پنج و دو پارامتر هست. کمترین پارامتر مورد نیاز به روش لاری- جانسون اختصاص داشت به طوری‌که در این معادله تنها نیاز به تعیین درجه- روز تجمعی برای دماهای بیشینه بود. میزان RMSE در این روش گرچه مقدار بالایی نمی‌باشد ولی نسبت به سه روش بلانی‌کریدل، جنسن- هیز اصلاح شده و هارگریوز به ترتیب 4/889، 3/870 و 2/921 برابر افزایش نشان داد. معادلات ایرماک (R_s)، ایرماک (R_n)، تشت تبخیر و جنسن- هیز برای تعیین تبخیر- تعرق به دو پارامتر نیاز داشتند، ولی میزان RMSE در همه این روش‌ها بیشتر از روش لاری- جانسون بود. با مقایسه آماره MBE، روش‌های جنسن- هیز اصلاح شده، بلانی- کریدل، ماکینگ و هارگریوز به ترتیب با مقادیر 0/248-، 0/388، 0/433- و 0/632- میلی‌متر بر روز، کمترین میزان خطا را نسبت به سایر روش‌ها نشان دادند. با توجه به این آماره، معادله جنسن- هیز اصلاح شده از سایر روش‌ها مناسب‌تر است، ولی با توجه به تعدد پارامترهای آن، استفاده از این روش برای محاسبات سریع و مزرعه‌ای مناسب نیست. با فرض آماره MBE، روش‌های تورنت وایت، لاری- جانستون، ایرماک (R_s) و تشت تبخیر نیز دقت قابل قبولی نشان دادند. روش بلانی- کریدل بهترین مدل از نظر آماره EF بود؛ ولی برای استفاده از این روش به هفت پارامتر نیاز است. روش‌های تورنت وایت، ماکینگ و جنسن- هیز اصلاح شده نیز از EF بالایی برخوردار بودند، ولی این مدل‌ها یا ضریب تبیین پایینی داشته و یا تعداد پارامتر زیادی نیاز داشتند.

بنابراین با در نظر گرفتن کلیه آماره‌ها، می‌توان روش‌های بلان- کریدل، جنسن- هیز اصلاح شده و هارگریوز را به عنوان مناسب‌ترین روش‌های تخمین نیاز آبی زعفران در دشت بیرجند معرفی کرد. این نتایج با مشاهدات ساعد (Saeed, 1986) مطابقت دارد. این محقق برای مناطق گرم و خشک عربستان روش‌های بلانی- کریدل اصلاح شده، جنسن- هیز و هارگریوز را به عنوان بهترین روش‌های محاسبه معرفی نمود. همچنین صمدی و مجدزاده (Samadi & Majdzadeh, 2003) با اندازه‌گیری تبخیر- تعرق گیاه مرجع (چمن) توسط لایسی‌متر در کرمان تعدادی از روش‌های محاسباتی را مورد ارزیابی قرار دادند و نتیجه گرفتند که معادله بلانی- کریدل مناسب‌ترین روش برای استفاده در مناطق خشک بود.

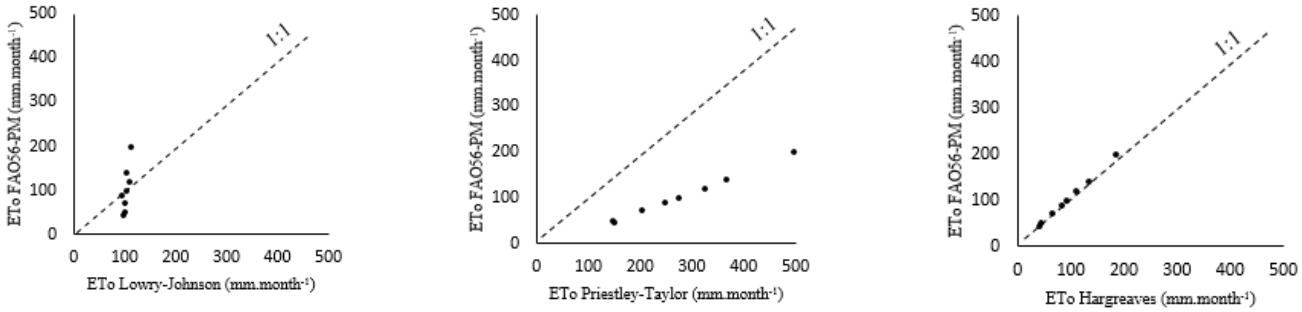
معادله‌های پریستلی- تیلور، ایرماک (R_n) و تورنت وایت نیاز آبی زعفران را بیشتر از سایر معادله‌ها نشان دادند (شکل 3). این نتایج با مراجعه به شکل 2 نیز مشخص می‌شود به طوری‌که پراکندگی نقاط در این روش‌ها پایین‌تر از خط 1:1 می‌باشد. همچنین معادله‌های هارگریوز، ایرماک (R_s)، جنسن- هیز اصلاح شده و تورک، نیاز آبی را

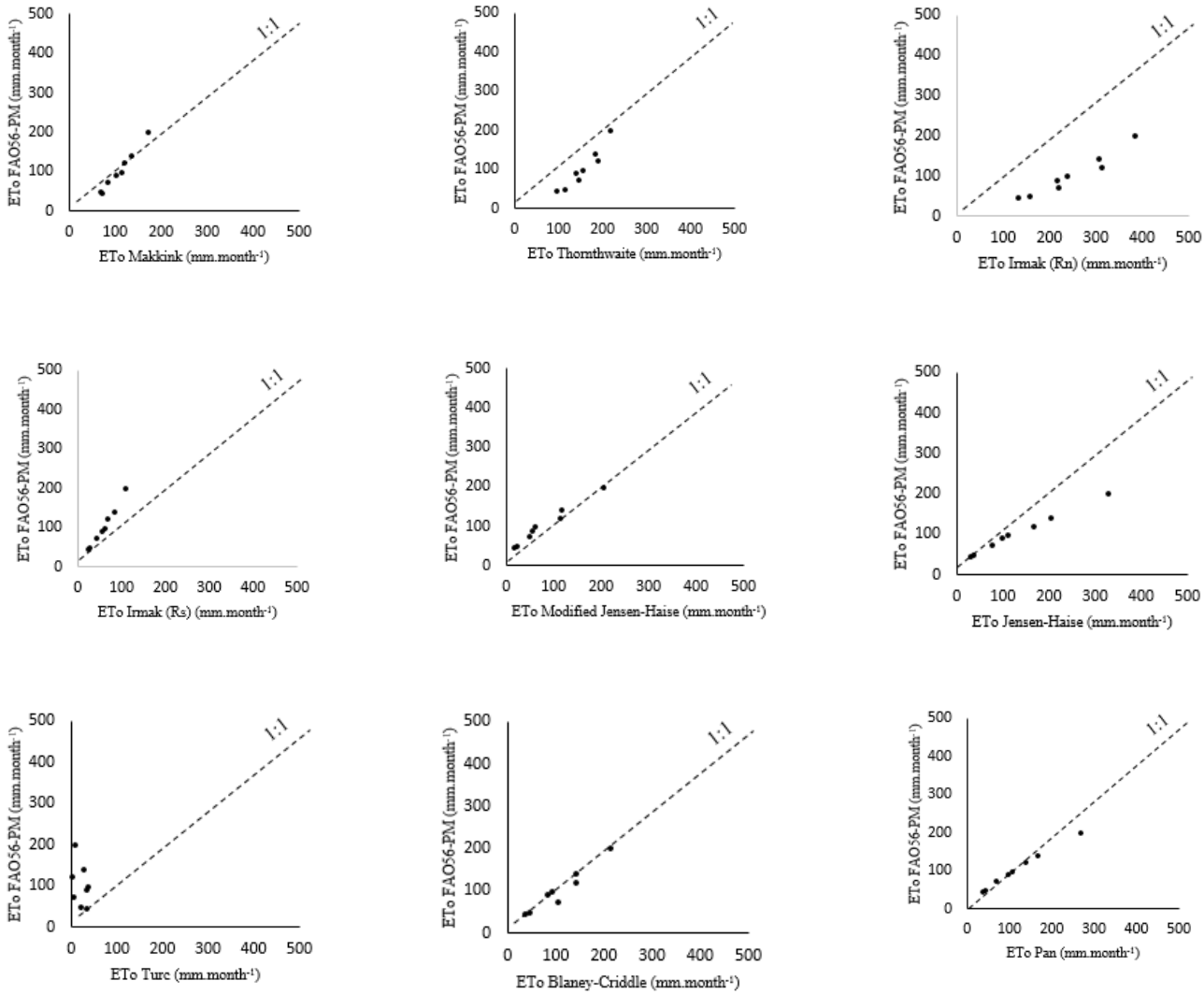
کمتر از روش فائو- پنمن- مانتیث تعیین کردندکه با مراجعه به شکل 2، پراکندگی نقاط در این روش‌ها بالای خط 1:1 می‌باشد. روش تورک به منظور تعیین نیاز آبی زعفران نامناسب می‌باشد؛ به طوری‌که نیاز آبی را، به جز بازه زمانی 10 آذر تا 10 بهمن، عددی منفی نشان داد. علت آن نیز محاسبه باران مؤثر در تعیین نیاز آبی است که بر اساس این روش، در دشت بیرجند اصلاً نیازی به آبیاری زعفران نمی‌باشد. البته روش‌های ایرماک (R_s) و جنسن- هیز اصلاح شده نیز نیاز آبی را به ترتیب در بازه 10 دی تا 10 بهمن و 11 دی تا 9 اسفند مقداری منفی نشان دادند.

جدول 3- مقایسه روش‌های مختلف تعیین تبخیر- تعرق با روش فائو- پنمن- مانتیث در بیرجند

Table 3- Comparisons of different evapotranspiration equation with FAO56-PM evapotranspiration in Birjand

مدل تبخیر- تعرق Evapotranspiration model	کارایی مدل EF	میانگین انحراف خطا (میلی‌متر بر روز) MBE ($mm.day^{-1}$)	جذر میانگین مربعات خطا (میلی‌متر بر روز) RMSE ($mm.day^{-1}$)	ضریب تبیین R^2
بلانی کریدل Blaney-Criddle	0.957	0.388	0.572	0.980
هارگریوز Hargreaves	0.882	-0.632	0.954	0.975
تورک Turc	-2.761	-4.597	5.408	0.512
پریستلی تیلور Priestley-Taylor	-6.705	7.607	7.741	0.984
تورنت وایت Thornthwaite	0.620	1.263	1.718	0.918
جنسن- هیز Jensen-Haise	-0.282	2.342	3.158	0.994
ماکینک Makkink	0.754	-0.433	1.380	0.966
جنسن- هیز اصلاح شده Modified Jensen-Haise	0.933	-0.248	0.721	0.992
ایرماک (R_n) Irmak (Rn)	-2.821	5.557	5.451	0.942
ایرماک (R_s) Irmak (Rs)	-0.014	-2.403	2.809	0.958
لاری- جانسون Lowry-Johnson	-0.006	-1.266	2.797	0.921
تشت تبخیر کلاس A Pan	-0.788	2.457	3.729	0.970



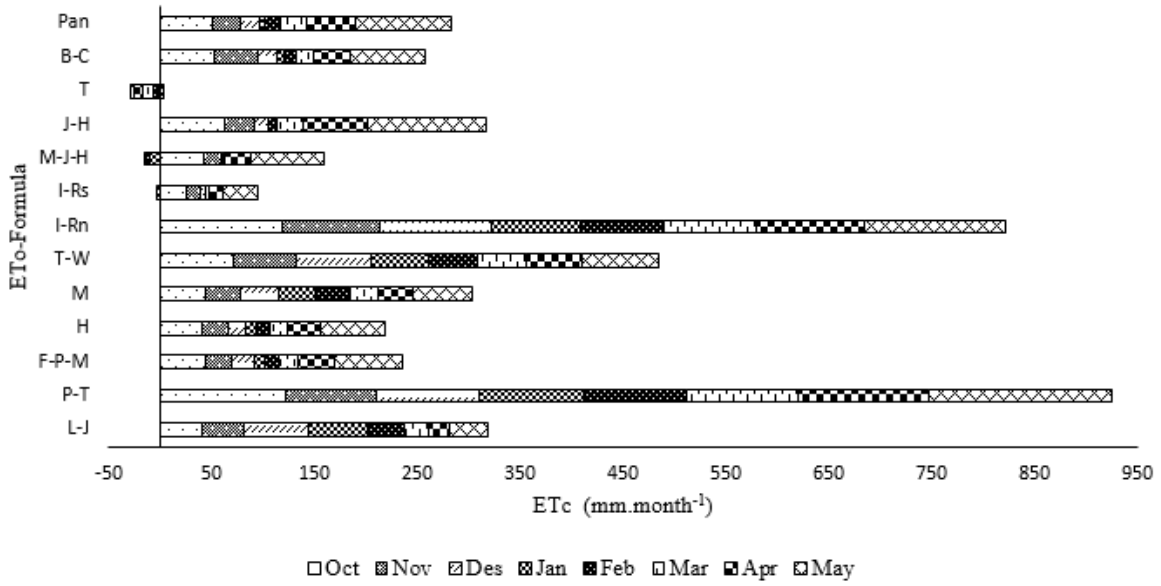


شکل 2- مقایسه روش‌های مختلف تعیین تبخیر- تعرق با روش فائو- پنمن- مانتیث

Fig. 2- Comparison of different evapotranspiration methods with FAO56-PM evapotranspiration

(اعداد روی محورها میانگین تبخیر- تعرق ماهانه به میلی‌متر می‌باشد.)

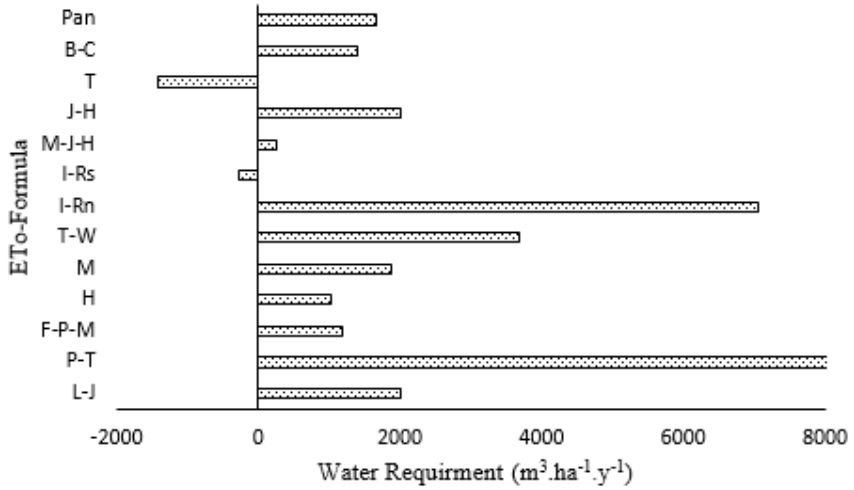
(The numbers on the axes are average monthly evapotranspiration in mm.)



شکل 3- نیاز آبی زعفران در ماه‌های مختلف

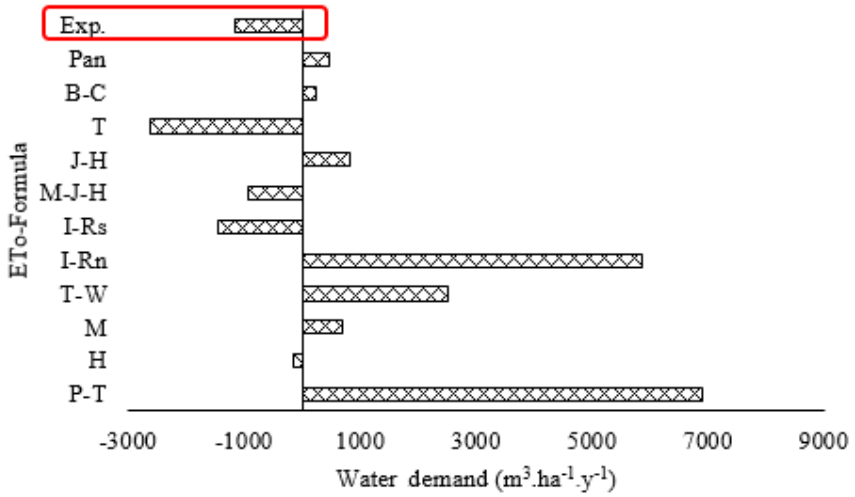
Fig. 3- Saffron ETc in different months

همچنین بر اساس روش فائو- پنمن- مانتیث، مجموع تبخیر- تعرق زعفران در دشت بیرجند برابر 235 میلی‌متر در یک فصل زراعی تعیین شد (شکل 3). این نتایج با گزارش علیزاده و همکاران (Alizadeh et al., 1999) همخوانی دارد. این محققان نیز مجموع تبخیر- تعرق زعفران را در فصل رشد برابر 242 میلی‌متر گزارش کردند. همچنین نیاز آبی زعفران در طول یک فصل زراعی، با استفاده از روش فائو- پنمن- مانتیث، برابر 2350 مترمکعب در هکتار تعیین شد (شکل 4). مهدوی (Mahdavi, 1999) نیز در تحقیقات خود، نیاز آبی زعفران را برابر 3000 مترمکعب در هکتار گزارش کرد.



شکل 4- مقایسه نیاز آبی زعفران

Fig. 4- Comparison of water requirements



شکل 5- اختلاف نیاز آبی زعفران بر اساس روش‌های مختلف تعیین تبخیر- تعرق نسبت به معادله فائو- پنمن- مانتیث

Fig. 5- Differences between water requirements and FAO56-PM

(Exp. بیانگر اختلاف آب مصرفی توسط کشاورزان و نیاز آبی زعفران بر اساس روش فائو- پنمن- مانتیث می‌باشد.)

(Exp. Indicates difference between water used by farmers and water requirement determined with the FAO56-PM equation.)

در شکل 5، نیاز آبی زعفران بر اساس روش‌های مختلف در طول یک فصل زراعی با معادله فائو- پنمن- مانتیث مقایسه گردیده است. اختلاف آب آبیاری به کار برده شده توسط کشاورزان با معادله فائو- پنمن- مانتیث به صورت .Exp نشان داده شده است. اختلاف نیاز آبی زعفران (بر اساس روش فائو- پنمن- مانتیث) و مقدار آب به کار برده شده توسط کشاورزان برابر 1184/17 مترمکعب در هکتار تعیین شد؛ که تقریباً برابر نیمی از نیاز آبی این محصول است. این نتایج بیانگر این است که کشاورزان این منطقه به دلیل آبیاری سنتی و ناآگاهی از نیاز آبی واقعی زعفران، سبب اعمال تنش آبی به این محصول می‌شوند. گرچه زعفران در شرایط گرم و خشک رشد می‌کند، ولی اعمال تنش آبی به این گیاه سبب کاهش عملکرد آن (Goliaris, 1999; Sepaskhah & Kamgar-Haghighi, 2009; Aitoubahou & El-Otmani, 2009; Khorramdel et al., 2014; Khashei Siuki et al., 2015) به خصوص در شرایط دیم خواهد شد (Pazoki et al., 2013). گرچه آزمایشات عملی در خصوص عملکرد زعفران در این مقاله انجام نشده است؛ ولی می‌توان کم‌آبیاری را دلیلی بر پایین بودن عملکرد زعفران در دشت بیرجند (SYASK, 2010) نسبت به متوسط عملکرد آن در ایران (Kafi, 2006) در نظر گرفت.

معادله هارگریوز با اختلاف 161/23- مترمکعب در هکتار نسبت به معادله فائو- پنمن- مانتیث، مناسب‌ترین معادله به منظور تعیین تبخیر- تعرق در دشت بیرجند بود (شکل 5). البته معادله‌های بلانی- کریدل و تشت تبخیر نیز به ترتیب با اختلاف 255/98 و 476/64 مترمکعب در هکتار، برآورد دقیق‌تری نسبت به سایر معادله‌ها نشان دادند. با جمع‌بندی نتایج به دست آمده از جدول 3 و شکل‌های 2 و 5، روش هاگریوز به عنوان یک روش مناسب جهت تعیین تبخیر- تعرق در دشت بیرجند مشاهده شد؛ به طوری‌که این معادله تنها به دو عامل دما و تشعشع خورشیدی نیاز داشته و تعیین پارامترهای آن نیز در اکثر ایستگاه‌های هواشناسی انجام می‌گیرد. نتایج تحقیق حاضر با مشاهدات صالح و سندیل (Salih & Sendil, 1984) نیز مطابقت داشت. بر اساس مطالعات این محققان مشخص شد که در مناطق خشک و نیمه‌خشک، دو عامل دما و تشعشع خورشیدی نقش اساسی را بر تبخیر- تعرق ایفا می‌کنند. مطالعات هارگریوز (Hargreave, 1994) نیز بیانگر این بود که استفاده از دو عامل مذکور نتایج قابل قبولی، نسبت به شرایط استفاده از تمام عوامل مؤثر بر تبخیر- تعرق، خواهد داد. همچنین تحقیقات دورنباس و پروت (Doorenbos & Pruitt, 1977) نشان داد که مؤلفه دما از جمله عوامل مؤثر در تعیین تبخیر- تعرق به خصوص در معادله هارگریوز بود.

نتایج مقایسه معادلات تک‌پارامتره و تبخیر- تعرق محاسبه شده با معادله FAO56-PM، این نتایج را تأیید می‌کند (جدول 4). با مقایسه R^2، معادله‌های مبتنی بر عامل دما (T)، تابش خالص (R_n) و

تابش فرازمینی (R_a)، بهترین نتایج را نشان دادند. تحلیل حساسیت پارامترهای مختلف بر میزان تبخیر- تعرق نشان داد که تابش خالص (R_n) عامل مؤثرتری نسبت به دو پارامتر دیگر بود (جدول 5). بر اساس نتایج تحلیل حساسیت، سرعت باد بیشترین مقدار گاما را داشت ولی ضریب تبیین پایینی (0/44) نشان داد. گرچه تبخیر- تعرق به حذف پارامترهایی مانند حداقل رطوبت نسبی (RH_{min}) و کل تشعشع خورشیدی (R_s) حساسیت نشان داد (جدول 5)، ولی به دلیل پایین بودن ضریب تبیین و خطای بالا (جدول 4) مناسب نمی‌باشند.

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که در منطقه بیرجند معادله‌های بلانی- کریدل، جنسن- هیز اصلاح شده و هارگریوز دقت بیشتری نسبت به سایر معادله‌ها داشتند. با استفاده از معادله فائو- پنمن- مانتیث، نیاز آبی زعفران در این منطقه 2350 مترمکعب در هکتار برای یک فصل زراعی تعیین شد که نسبت به آب آبیاری مورد استفاده توسط کشاورزان، مقدار بیشتری داشت.

جدول 4- مقایسه معادله‌های مختلف تعیین تبخیر- تعرق (بر اساس پارامترهای معرفی شده در این جدول) و معادله فائو- پنمن- مانتیث

Table 4- Comparisons of different evapotranspiration equation (determined with single-parameter presented in this table) with FAO56-PM

عامل Parameter	کارایی مدل EF	میانگین انحراف خطا (میلی‌متر بر روز) MBE ($mm.day^{-1}$)	جذر میانگین مربعات خطا (میلی‌متر بر روز) RMSE ($mm.day^{-1}$)	ضریب تبیین R^2
میانگین درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) Mean temprature (˚C)	0.935	-0.014	0.424	0.935
حداکثر درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) T_{max} (^oC)	-0.614	2.461	7.040	0.77
حداقل درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) T_{min} (^oC)	-0.713	-2.475	0.744	0.65
سرعت باد (متر بر ثانیه) U_2 ($m.s^{-1}$)	-2.626	-3.582	15.814	0.44
میانگین رطوبت (درصد) RH_{mean} (%)	-21.262	6.906	97.0778	0.51
حداقل رطوبت (درصد) RH_{min}(%)	-8.878	5.058	43.079	0.14
فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال) e_s (KPa)	-2.486	-3.501	15.205	0.80
فشار بخار واقعی (کیلو پاسکال) e_a (KPa)	-3.130	-3.825	18.009	0.57
کمبود فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال) e_s- e_a (KPa)	-2.944	-3.742	17.200	0.72
تابش ماورا زمینی (میلی‌متر بر روز) R_a (mm.day-^{1})	-5.279	5.117	27.383	0.83
تابش خالص در سطح زمین (مگاژول بر متر بر روز) R_n ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$)	0.543	-1.179	1.990	0.88
کل تابش خورشیدی (مگاژول بر متر بر روز) R_s ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$)	0.097	1.727	3.933	0.78

جدول 5- نتایج مقادیر آماره‌های گاما، شیب، خطای استاندارد و V-Ratio با حذف هر پارامتر

Table 5- Results of gamma, gradient, standard error and V-Ratio by deleting each parameter

پارامتر حذف شده Deleted parameter	کل تابش خورشیدی (مگاژول بر متر بر روز) R_s ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$)	تابش خالص در سطح زمین (مگاژول بر متر بر روز) R_n ($MJ.m^{-2}.d^{-1}$)	تابش ماورا زمینی (میلی‌متر بر روز) R_a ($mm.day^{-1}$)	فشار بخار واقعی (کیلو پاسکال) e_a (KPa)	فشار بخار اشباع (کیلو پاسکال) e_s (KPa)	حداقل رطوبت (درصد) RH_{min} (%)	میانگین رطوبت (درصد) RH_{mean} (%)	سرعت باد (متر بر ثانیه) U_2 ($m.s^{-1}$)	میانگین درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) T (°C)	حداکثر درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) T_{max} (°C)	حداقل درجه حرارت (درجه سانتی‌گراد) T_{min} (°C)
مقدار گاما Gamma	0.00194	0.00116	0.00067	0.00037	0.00063	0.00135	0.00089	0.0128	0.00075	0.00063	0.00103
شیب Gradient	0.0209	0.0200	0.0210	0.0206	0.0207	0.0210	0.0213	0.0105	0.0200	0.0215	0.0187
خطای استاندارد Standard error	0.00063	0.00041	0.00047	0.00056	0.00043	0.00035	0.00028	0.00092	0.00037	0.00056	0.00074
V-Ratio	0.0077	0.0046	0.0027	0.0015	0.0025	0.0054	0.0035	0.0514	0.0030	0.0025	0.0041

با مقایسه سایر معادله‌های ارائه شده نسبت به معادله فائو- پنمن- مانتیث، روش‌های هارگریوز، بلانی- کریدل و تشت تبخیر به ترتیب با اختلاف 161/23- 255/98 و 476/64 متر مکعب در هکتار نسبت به معادله فائو- پنمن- مانتیث، مناسب‌ترین معادله‌ها برای تعیین نیاز آبی زعفران تعیین شدند.

با در نظر گرفتن تعداد عوامل موجود در هر معادله، معادله هارگریوز (با عوامل تشعشع فرازمینی و میانگین دما) نزدیک‌ترین معادله نسبت به معادله فائو- پنمن- مانتیث برای تعیین نیاز آبی زعفران می‌باشد. مقایسه آماره‌های به دست آمده از برازش تبخیر- تعرق توسط معادلات تک پارامتره و همچنین تحلیل حساسیت نشان داد که پارامتر میانگین دما اثر بیشتری نسبت به سایر پارامترها بر تبخیر- تعرق داشت. بنابراین به منظور تخمین سریع تبخیر- تعرق، کاربرد معادله تک پارامتره مبتنی بر میانگین دما پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله از داوران محترم، که با ارائه نکات ارزشمند موجب ارتقای کیفیت مقاله شدند، قدردانی می‌نمایند.

منابع

Ait-Oubahou, A., and El-Otmani, M. 1999. Saffron Cultivation in Morocco. In: Saffron. (Neghbi, M., ed.). Hardwood Academic Publications, Amsterdam 154 pp.

Alizadeh, A., Mahdavi, M., Iranloo, M., and Bazari, M.E. 1999. Evapo-transpiration and crop coefficient of saffron (*Crocus sativus*). Geographical Research 54 and 55: 29-42. (In Persian with English Summary)

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, NO. 56. Rome. Italy.

Allen, R.G., Smith, M., Pereira, L.S., and Raes, D. 1994. An update for the calculation of reference evapotranspiration. ICID Bulletin 43(2): 35-92.

Amatya, D.M., Skaggs, R.W., and Gregory, J.D. 1995. Comparison of methods for estimating REF-ET. Irrigation and

Drainage Engineering 121(6): 427-435.

Baiat Varkeshi, M., Zare Abyaneh, H., and Ghasemi, A. 2008. Provide the Best Empirical Evapotranspiration Relationship Compared With FAO-Penman-Monteith in the North West. 3rd Iran Water Resources Management Conference. Tabriz, Iran. (In Persian)

Bari Abarghoei, H., Ghalavand, A., Mazaheri, D., Noor Mohammadi, G., and Sanei, M. 2001. Temperature effect on flowering and yield performance accessions on Iranian saffron. Pajouhesh Va Sazandgi 4: 65-69. (In Persian with English Summary)

Behnia, M.R. 1989. Saffron: Botany, Cultivation and Production. Tehran University Publications, Tehran, Iran 190 pp. (In Persian)

Burman, R., and Pochop, L.O. 1994. Evaporation, Evapotranspiration and Climate Data. Elsevier Science B.V.

Doorenbos, J., and Pruitt, W.O. 1977. Guidelines For Predicting Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, NO. 24. Rome. Italy.

Ehsanzadoh, P., Yadollahi, A.A., and Maibodi, A.N.M. 2004. Productivity, growth and quality attributes of 10 Iranian saffron accessions under climatic conditions of Chahar–Mahal Bakhtrazi, Central Iran. In: Proceeding of the 1st International Symposium on Saffron. Albacete. Spain. p. 183-188.

Goliaris, A.H. 1999. Saffron cultivation in Greece. In: Saffron. (Neghbi, M., ed.). Hardwood Academic Publications, Amsterdam 154 pp.

Hargreaves, G.H. 1994. Defining and using reference evapotranspiration. Irrigation and Drainage Engineering ASCE 120(6): 1132-1139.

Jensen, ME., Burman, R.D., and Allen, R.G. 1990. Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practices, No. 70. American Society of Civil Engineers, NY.

Kafi, M. 2006. Saffron Ecophysioligy p. 39-57. In: Kafi, M., Koocheki, A., Rashed, M.H., Nassiri, M. (Eds.). Saffron (*Crocus sativus*) Production and Processing. Science Publishers, Enfield.

Kafi, M., Rashed Mohasel, M.H., Koocheki, A., and Molafilabi, A. 2002. Saffron Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Publications, Mashhad, Iran. (In Persian)

Khashei Siuki, A., Hashemi, S.R., and Ahmadee, M. 2015. The effect of Pottasic Zeolite and irrigation scheduling on saffron yield. Reserch Project in University of Birjand. (In Parsian)

Khorramdel, S., Gheshm, R., Amin Ghafori, A., and Esmaielpour, B. 2014. Evaluation of soil texture and superabsorbent polymer impacts on agronomical characteristics and yield of saffron. Journal of Saffron Research 1(2): 120-135. (In Parsian)

Maaroofi, S., Zare Abyaneh, H., and Baiat Varkeshi, M. 2008. Assessment of Evapotranspiration Empirical Formulas Between two Reference Crop of Alfalfa and Grass with Pan in Ahvaz. The 2rd National Conference On Irrigation and Drainage Networks Management. Ahvaz, Iran. (In Persian)

Mahdavi, M. 1999. Plant coefficient and saffron evartanspiration on standard condition. MSc thesis. Faculty of Agricultutre. Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Parsian)

Mobaraki, Z. 2005. Saffron cultivation locating in Qazvin province. MSc thesis. Tehran University, Tehran, Iran. (In Persian with English Summary)

Mollafilabi, A. 2004. Experimental findings of production and echophysiological aspects of saffron (*Crocus sativus* L.). Acta Horticulturae (ISHS) 650: 195-200.

Nasaji Zavareh, M., and Sadeghifar, R. 2007. Estimation of reference crop evapotranspiration using different methods (Case study: Karaj). 9th Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. Kerman, Iran. (In Persian)

Noori, R., Karbassi, A., and Sabahi, M.S. 2009. Evaluation of PCA and gamma test techniques on AAN opration for weekly solid waste prediction. Journal of Enviromental Management 91: 767-771.

Pakdin, M., Shahnavaz, Y., Roostaei, S., and Alipoor, H. 2012. Study of potential and actual evapotranspiration in Faruj basin. The 1st National Conference on Solutions to Access Sustainable Development in Agriculture, Natural Resources and the Environment (sdconf). Tehran, Iran. (In Persian)

Pazoki, A., Kariminejad, M., and Foladi Targhi, A. 2013. Effect of planting patterns on yield and some agronomical traits in saffron (*Crocus sativus* L.) Under different irrigation intervals in Shahr-e-Rey Region. International Journal of Farming and Allied Sciences 2(S2): 1363-1368.

Rashed, M.H., Kafi, M., Koocheki, A., and Nassiri, M. 2006. Saffron (*Crocus sativus*) Production and Processing. Science Publications 87-96.

Remesan, R., Shamim, M.A., and Han, D. 2008. Model data selection using gamma test for daily solar radiation estimation. Hydrological Processes 22: 4301-4309.

Rezvani-Moghaddam, P., Huda, A.K.S., Parvez, Q., and Koocheki, A. 2007. Indigenous Knowledge in Agriculture with Particular Reference to Medicinal Crop Production in Khorasan, Iran. Managing Knowledge, Technology and Development in the Era of Information Revolution. Edited by A. Ahmed p. 105-115.

Saeed, M. 1986. The estimation of evapotranspiration by some equations under hot and arid conditions. Transaction American Society of Agricultural and Biological Engineers 29(2): 434-438.

Salih, A.M.A., and Sendil, U. 1984. Evapotranspiration under extremely arid climates. Irrigation and Drainage Engineering, ASCE 110(3): 289-303.

Samadi, H., and Majdzadeh, B. 2003. Comparison of reference evapotranspiration calculated by empirical formulas with lysimeters in Kerman. 8th Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. Kerman, Iran. (In Persian)

Sepaskhah, A.R., and Kamgar-Haghighi, A.A. 2009. Saffron irrigation regime. International Journal of Plant Production 3(1): 1-16.

Shih, S.F. 1984. Data requirement for evapotranspiration estimation. Irrigation and Drainage Engineering. ASCE 110(3): 263-274.

Statistical Yearbook of Agriculture in Khorasan Razavi Province (SYAKRP). 2010. Available at Web site: Http://www.koaj.ir/news/default.asp?nk=63&maincatid=1184. (In Persian)

Statistical Yearbook of Agriculture in South Khorasan (SYASK), 2010. Available at http://kj-agrijahad.ir/dbagri/html1/birjand88-89.htm (In Persian)

Stegman, E.C., and Bauer, A. 1977. Sugar beet response to water stress in sandy soils. Transaction of the American Society of Agriculture Engineering 20: 469-472.

Trajkovic, S., and Kolakovic, S. 2009. Evaluation of reference evapotranspiration equations under humid conditions. Water Resource Management 23(14): 3057-3067.

Zandilak, H. 2011. Select the Appropriate Method for Estimating Evapotranspiration in Yazd. 1st Regional Water Resources Development Conference. Abarkoh. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 505-520

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 520-505

Comparison of Efficiency of Different Equations to Estimate the Water Requirement in Saffron (*Crocus sativus* L.) (Case Study: Birjand Plain, Iran)

M. Ahmadee[1*], A. Khashei Siuki[2] and M.H. Sayyari[3]
Submitted: 22-10-2014
Accepted: 29-07-2015

Ahmadee, M., Khashei Siuki, A., and Sayyari, M.H. 2017. Comparison of efficiency of different equations to estimate the water requirement in saffron (*Crocus sativus* L.) (Case study: Birjand plain, Iran). Journal of Agroecology 8(4): 505-520.

Introduction

Saffron (*Crocus sativus* L.) is a subtropical plant mostly cultivated in South Khorasan and Khorasan Razavi provinces, Iran. Total saffron production is about 200 ton all over the world, and since it is native to Iran, the country has an important role to produce saffron. In recent years, drought showed a significant effect on water resources in Birjand, South Khorasan. Due to lack of full equipped meteorological stations and sufficient lysimetery studies, over irrigation and deficit irrigation are mostly common among saffron farmers. The cause of saffron yield decline is mostly related to irrigation. In addition, farmers need the simple equation/formula to determine the water demand, so, it is necessary to present a single and simple equation. Regarding to this purpose, this study was conducted to achieve mentioned goals: 1) determination of the best evapotranspiration equation, 2) comparison of saffron water need based on 12 most relevant evapotranspiration equations, and 3) determination a single-parameter model to rapidly and accurately estimate saffron water need based on gamma test (due to lack of all FAO-Penman-Monteith parameters in all Birjand's meteorological stations).

Materials and methods

This study was conducted using meteorological data collected from Birjand´s synoptic station during 1984-2014. This station is located at longitude 59˚ 21' E and latitude 32˚ 87' N and elevation 1491m. Twelve evapotranspiration equations (Blaney-Criddle, Hargreaves, Turc, Priestley-Taylor, Thornthwaite, Jensen-Haise, Makkink, Modified Jensen-Haise, Irmak (R_n), Irmak (R_s), Lowry-Johnson, Pan-Class A) were evaluate to determine the best accurate one. To compare the 12 evapotranspiration equations results with FAO-Penman-Monteith equation (FAO56-PM), four statistical criteria (R_2, MBE, RMSE and EF) were used. In order to comprise saffron water demand to actual water used, amount of irrigation water for saffron cultivation in Birjand plain was measured during 2014. In addition, saffron yield was recorded during this growing season in this region. In order to propose a single parameter and accurate model based on easily accessible meteorological parameters, gamma test was also employed.

Results and discussion

Results of coefficient of determination (R^2) were acceptable (>0.9) for all equations except Turk. The results showed that Blaney-Criddle, Modified Jensen-Haise and Hargreaves had better accuracy compared to other equations so that their root mean square errors (RMSE) were 0.572, 0.721 and 0.945 $mm.d^{-1}$, respectively. In addition, saffron water requirement determined with FAO56-PM was equal to 2350 $m^3.ha^{-1}.y^{-1}$. Hargreaves equation, with differences about -161.23 $m^3.ha^{-1}.y^{-1}$ compared with FAO56-PM, was determined as a good equation. Measured irrigation water by saffron farmers was about 1184.17 $m^3.ha^{-1}.y^{-1}$. According to the results it found that deficit irrigation was applied by saffron farmers. Saffron grow in arid regions, however, drought stress have a negative effect on its plant development and yield (Khorramdel et al., 2014; Khashei Siuki et al., 2015). Despite the lack of doing no test about the effect of deficit irrigation on saffron yield during 2014 in this region, it seems that deficit irrigation may be a reason of low saffron yield (SYASK, 2010) compared to average

1, 2 and 3- PhD Student of Irrigation and Drainage, Shahid Chamran University of Ahvaz, Assistant Professor of Water Engineer and Assistant Professor of Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Birjand, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: m.ahmadee@ymail.com)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.40517

saffron yield in this region.

Results of gamma test revealed that temperature is a key parameter to develop a single model. In addition, results showed that the single parameter model based on temperature had better accuracy compared to above-twelve mentioned equation.

Conclusion

Hargreaves equation was only used the temperature (T) and extraterrestrial radiation (Ra) for estimating evapotranspiration. In addition, single parameter equation based on the mean temperature was only used one parameter (T) to estimate the evapotranspiration. Since both of the equations had an acceptable accuracy to use in this region, it is recommended to use them to determine saffron irrigation demand. It is due to lack of meteorological equipment for estimating all parameters in the plain.

Acknowledgement

The authors would like to thank the anonymous reviewers whose valuable comments have helped us to clarify some parts of this paper.

Keywords: FAO56-PM equation, Single-Parameter equation, Water stress

References

Khorramdel, S., Gheshm, R., Amin Ghafori, A., and Esmaielpour, B. 2014. Evaluation of soil texture and superabsorbent polymer impacts on agronomical characteristics and yield of saffron. Journal of Saffron Research 1(2): 120-135. (In Parsian)

Khashei Siuki, A., Hashemi, S.R., and Ahmadee, M. 2015. The effect of Pottasic Zeolite and irrigation scheduling on saffron yield. Reserch Project in University of Birjand. (In Parsian)

Statistical Yearbook of Agriculture in South Khorasan (SYASK), 2010. Available at http://kj-agrijahad.ir/dbagri/html1/birjand88-89.htm. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 521-535

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 535-521

تأثیر قطع آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی اسپرمیدین بر کمیت و کیفیت اسانس سه توده زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.)

سارا باختری[1]، غلامرضا خواجویی نژاد[2*] و قاسم محمدی نژاد[2]

تاریخ دریافت: 1393/08/01
تاریخ پذیرش: 1393/11/07

باختری، س.، خواجویی نژاد، غ.ر.، و محمدی نژاد، ق. 1395. تأثیر قطع آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی اسپرمیدین بر کمیت و کیفیت اسانس سه توده زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 535-521.

چکیده

به منظور بررسی تأثیر قطع آبیاری در مرحله گلدهی و محلول‌پاشی با اسپرمیدین بر درصد، عملکرد و میزان ترکیبات اسانس توده‌های مختلف زیره-سبز (*Cuminum cyminum* L.) آزمایشی به صورت طرح کرت‌های دوبار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان در سال زراعی 93-1392 اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل آبیاری در دو سطح (1- آبیاری کامل و 2- قطع آبیاری در شروع مرحله گلدهی) به عنوان فاکتور اصلی، محلول‌پاشی اسپرمیدین در سه سطح (صفر، یک و دو میلی‌مولار) به عنوان فاکتور فرعی و اکوتیپ زیره در سه سطح (1- کرمان، 2- خراسان و 3- اصفهان) به عنوان فاکتور فرعی فرعی بود. در این پژوهش، درصد، عملکرد و ترکیبات موجود در اسانس زیره‌سبز مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که درصد و عملکرد اسانس به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و توده‌های مختلف زیره‌سبز قرار گرفت ولی محلول‌پاشی اسپرمیدین تأثیر معنی‌داری بر این صفات نداشت. تیمار قطع آبیاری باعث افزایش درصد و کاهش عملکرد اسانس نسبت به شرایط آبیاری کامل شد. نتایج حاکی از تأثیرپذیری بیشتر عملکرد اسانس از عملکرد دانه نسبت به درصد اسانس بود. هر دو صفت درصد و عملکرد اسانس در توده‌های کرمان و خراسان به طور معنی‌داری بیشتر از توده اصفهان بود. بیشترین میزان اسانس (14/92 کیلوگرم در هکتار) در تیمار محلول‌پاشی یک میلی‌مولار و برای توده خراسان حاصل شد و کمترین میزان این صفت (6/87 کیلوگرم در هکتار) در تیمار عدم محلول‌پاشی برای توده اصفهان به دست آمد. ترکیبات β-Pinene، p-Cymene، γ-Terpinene، Cuminaldehyde، p-Mentha-1,4-dien-7-ol و γ-Terpinene-7-al بخش اصلی اجزاء اسانس را در توده‌های مختلف زیره‌سبز شامل شدند. در دو توده کرمان (29/30 درصد) و خراسان (32/70 درصد) ترکیب Cuminaldehyde و در توده اصفهان ترکیب γ-Terpinene-7-al (23/40 درصد) بیشترین درصد را در بین کل اجزاء اسانس به خود اختصاص دادند. به طور کلی، دو توده کرمان و خراسان از نظر ترکیبات اسانس شباهت بیشتری نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: ترپینن، ترکیبات اسانس، تنش خشکی، کومین آلدهید، گیاه دارویی

مقدمه

تنش خشکی یکی از عوامل مهم محدودکننده تولید زراعی در جهان است و این موضوع در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از اهمیت بیشتری برخوردار است (Kirigwi et al., 2004). حدود یک سوم کره زمین را مناطق خشک و نیمه‌خشک در بر می‌گیرد که وسعت این مناطق بیش از 45 میلیون کیلومتر مربع تخمین زده شده است. وسعت مناطق خشک و نیمه‌خشک در ایران بیش از 1/5 میلیون کیلومترمربع است (Abolhassani et al., 2006). در بین تنش‌های غیرزنده، خشکی مهمترین تنشی است که باعث کاهش عملکرد در محصولاتی می‌شود که به صورت دائم یا دوره‌ای در

1 و 2 - به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
(*- نویسنده مسئول: Email: khajoei@uk.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.40538

معرض آن قرار می‌گیرند (Chandra et al., 2008). کاهش میزان فتوسنتز به علت بسته شدن روزنه ها، کاهش رشد گیاه، کمبود مواد فتوسنتزی لازم برای پرکردن دانه و کاهش طول دوره پر شدن دانه‌ها از مهم‌ترین اثرات خشکی بر گیاهان است (Koocheki, 2009). بسیاری از گیاهان برای مقاومت در برابر تنش خشکی و شوری ترکیبات اسمولیت را سنتز می‌کنند (Nasibi et al., 2012). از جمله اسمولیت‌ها می‌توان به پرولین، بتائین و پلی آمین‌ها اشاره نمود (Orcutt & Nilsen, 2000). پلی آمین‌ها، پلی کاتیون‌های مهمی هستند که معمولاً در گیاهان به شکل دی آمین (پوترسین)، تری آمین (اسپرمیدین) و تترا آمین (اسپرمین) یافت می‌شوند (Pang et al., 2007). این مواد در دامنه وسیعی از فرایندهای فیزیولوژیکی از جمله رشد و نمو گیاهان، تحریک تقسیم سلولی، سنتز DNA و پروتئین‌ها، کنترل ریشه‌زایی و واکنش به تنش‌های محیطی مانند سرما، گرما، خشکی و شوری نقش ایفا می‌کنند (Liu et al., 2007). گزارشات متعددی در مورد نقش پلی آمین‌ها در کاهش اثرات ناشی از تنش وجود دارد. به عنوان مثال، گزارش شده است که محلول پاشی اسپرمیدین بر روی گیاهچه‌های برنج (*Oryza sativa* L.) قرار گرفته در معرض تنش شوری، موجب کاهش آسیب به غشا و افزایش مقاومت به تنش شوری این گیاه شد (Roy et al., 2005).

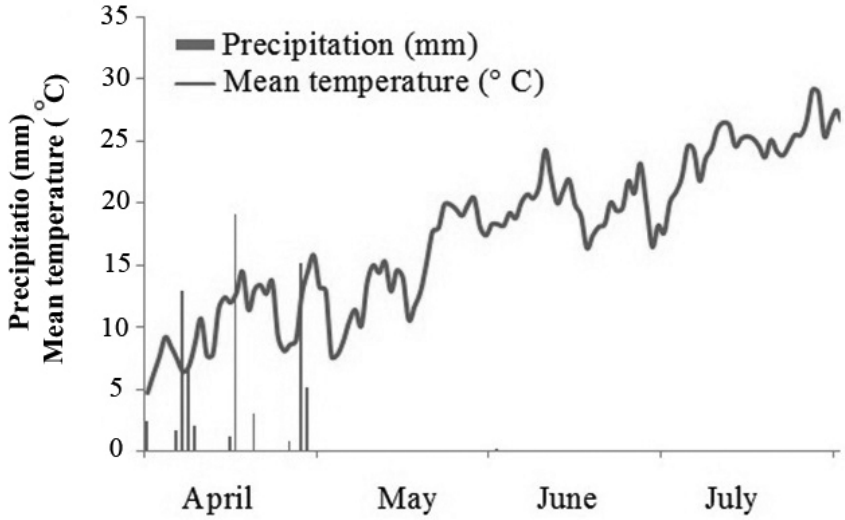
رویکرد روز افزون به استفاده از گیاهان دارویی و فراورده‌های حاصله از آن نقش این گیاهان را در چرخه اقتصاد جهانی پررنگ‌تر کرده، به طوری‌که مصرف رو به رشد آن‌ها تنها به کشورهای در حال توسعه محدود نبوده بلکه در کشورهای پیشرفته نیز توسعه فراوانی یافته‌اند (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012). از طرف دیگر کشت و کار گیاهان دارویی و معطر از نظر ایجاد تنوع و پایداری می‌تواند نقش مهمی در سیستم‌های کشاورزی ایفا کند. صرف‌نظر از ارزش اقتصادی گیاهان دارویی، این گیاهان قابل تطابق با روش‌های کشت ارگانیک هستند (Sujatha et al., 2011). از این‌رو کشت زیستی گیاهان دارویی، احتمال اثرات منفی روی کیفیت دارویی آن‌ها را کاهش می‌دهد (Rezvani Moghaddam & Moradi, 2012). یکی از مهمترین گیاهان دارویی و صادراتی کشور زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) می‌باشد. این گیاه در حال حاضر در استان‌های خراسان، یزد، اصفهان و کرمان کشت شده و سال به سال سطح زیر کشت آن افزوده می شود (Saeed Nejhad & Rezvani, 2010). دانه های زیره‌سبز حاوی مقادیر بالایی کاروتن، آهن و ترکیبات ثانوی مهم و دارویی است که در طب سنتی و نوین به عنوان آنتی‌اکسیدان و ضد نفخ مورد استفاده قرار می‌گیرد و در درمان اسهال، سوء هاضمه، سردرد، سرماخوردگی، تب، زخم دهان و گلو و ... مؤثر است (Nakhrizi Moghaddam, 2009).

یکی از مهمترین موانع تولید مطلوب زیره‌سبز، خصوصاً در سال‌های پر باران ابتلای آن به بیماری‌های گیاهی می‌باشد. بیماری‌های بوته میری، سوختگی برگ و سفیدک سطحی زیره‌سبز که به ترتیب عامل این سه بیماری *Fusarium oxysporum*، *Alternaria burnsii* و *Erysiphe polygoni* می‌باشند، جزء بیماری‌های مهم زیره‌سبز در نیا می‌باشند (Mathur & Prasad, 1964). از بین این سه بیماری، تنها دو بیماری بوته‌میری و سوختگی برگ در ایران اهمیت داشته و خسارت زیادی به این محصول وارد می‌کند (Kafi et al., 2002). گزارش شده است که شرایط مطلوب برای گسترش بیماری بوته میری زیره‌سبز گرما به همراه رطوبت مناسب می‌باشد (Mathur & Prasad, 1964). مشاهدات نشان می‌دهد که دوره رشد زایشی زیره‌سبز در کشت بهاره متناسب با درجه حرارت بالاتر و رطوبت کافی می‌باشد، که خود می‌تواند از مهمترین دلایل آلودگی بیشتر کشت بهاره نسبت به کشت پاییزه باشد. اوج این بیماری در مرحله گلدهی زیره‌سبز بوده و از آن‌جایی که عوامل بیماری به راحتی توسط آبیاری منتقل می‌شوند، آبیاری شدت این بیماری‌ها را افزایش می‌دهد. در این تحقیق فرض بر این بود که قطع آب در شروع مرحله گلدهی زیره‌سبز میزان شیوع بوته میری زیره‌سبز را کاهش دهد (Bakhtari et al., 2014). بنابراین، هدف از این آزمایش بررسی تأثیر قطع آبیاری در شروع مرحله گلدهی زیره‌سبز با هدف کاهش خسارت بوته میری و همچنین محلول‌پاشی اسپرمیدین بر کمیت و کیفیت اسانس توده‌های مختلف زیره‌سبز شامل توده‌های کرمان، خراسان و اصفهان در منطقه کرمان بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر کاربرد پلی آمینِ اسپرمیدین جهت کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی در توده‌های مختلف گیاه زیره‌سبز آزمایشی به صورت طرح کرت‌های دوبار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان با عرض جغرافیایی 30 درجه و 29 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 57 درجه و 60 دقیقه شرقی و ارتفاع 1756 متری از

سطح دریا در سال زراعی 93-1392 اجرا شد. میزان بارندگی و میانگین دمای روزانه برای دوره رشد زیره‌سبز در منطقه مورد آزمایش در شکل 1 نشان داده شده است. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری در دو سطح (1- آبیاری کامل و 2- قطع آبیاری در شروع مرحله گلدهی) به عنوان فاکتور اصلی، محلول‌پاشی توسط اسپرمیدین در سه سطح (صفر، یک و دو میلی‌مولار) به عنوان فاکتور فرعی و اکوتیپ زیره در سه سطح (1- کرمان، 2- خراسان و 3- اصفهان) به عنوان فاکتور فرعی فرعی بود.



شکل 1- میزان بارندگی و میانگین دمای روزانه برای منطقه کرمان در طول فصل رشد زیره‌سبز
Fig. 1- Precipitation and mean temperature at growth stage of cumin in Kerman

کاشت بذر در هفتم اسفند ماه سال 1392 انجام گرفت. بدین منظور، کرت‌هایی به ابعاد 3×5 مترمربع ایجاد شد. در هر کرت شش ردیف کاشت به فاصله 50 سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شده و بذور زیره‌سبز در عمق 4-3 سانتی‌متر کاشته شد. فاصله بین کرت‌های اصلی (آبیاری) در هر بلوک دو متر و بین کرت‌های فرعی و فرعی فرعی نیم متر در نظر گرفته شد. آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن هر 10 روز یک‌بار به صورت کرتی صورت گرفت. برای حصول تراکم مناسب، گیاهان با رسیدن به ارتفاع پنج سانتی‌متر تنک شد. تراکم اعمال شده برای کلیه توده‌های زیره‌سبز 120 بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. مبارزه با علف‌هرز توسط وجین دستی در سه نوبت انجام شد.

برای اعمال تیمار آبیاری، در تیمار عدم تنش آبیاری تا مرحله رسیدگی هر 10 روز یک‌بار ادامه یافت و در تیمار تنش، از شروع مرحله گلدهی (25 اردیبهشت) آبیاری قطع شد. محلول‌پاشی توسط اسپرمیدین در غلظت‌های مذکور در سه نوبت (بعد از تنک، قبل از گلدهی و اواسط گلدهی) در ساعت نه صبح صورت گرفت.

تعیین میزان اسانس

مقدار 50 گرم از دانه تولید شده در هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و توسط دستگاه کلونجر با استفاده از روش تقطیر با آب، اسانس آن اندازه‌گیری شد. به این منظور هر نمونه ابتدا کاملاً آسیاب شده و سپس درون بالن یک لیتری ریخته شده و 75 میلی‌لیتر آب به آن اضافه شد. سپس، به مدت چهار ساعت در دستگاه کلونجر قرار داده شد (Clevenger, 1928) و پس از رطوبت‌زدایی آب آن توسط سولفات سدیم با استفاده از روش گونتر (Guenther, 1961)، درصد و عملکرد اسانس تعیین شد.

اندازه‌گیری ترکیبات موجود در اسانس

جهت تجزیه نمونه‌های اسانس در توده‌های مختلف زیره‌سبز و اندازه‌گیری ترکیبات موجود در آن، از دستگاه کروماتوگراف گازی متصل به طیف سنج جرمی (GC/MS) استفاده شد. طیف‌های به دست آمده از طریق مقایسه با طیف‌های جرمی ترکیب‌های استاندارد شناسایی شدند و سپس با استفاده از محاسبه شاخص‌های بازداری

(RI)و با تزریق هیدروکربن‌های نرمال مورد تأیید قرار گرفتند. درصد هر یک از ترکیبات نیز با توجه به سطح زیر منحنی آن در طیف کروماتوگرام حاصل از GC با روش Area Normalization به دست آمد (Sefidkan, 2001). لازم به ذکر است که به دلیل هزینه بالا، عملیات شناسایی ترکیبات اسانس تنها برای توده‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. به طوری‌که، اسانس حاصل از تیمار آبیاری کامل و عدم محلول‌پاشی از هر توده در سه تکرار مورد آنالیز قرار گرفت و از بررسی میزان ترکیبات در تیمارهای مختلف خشکی و محلول‌پاشی چشم پوشی شد.

تجزیه آماری

داده‌های حاصل از آزمایش بر اساس طرح آماری مورد استفاده، توسط نرم‌افزار SAS نسخه 9/2 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد جهت مقایسه میانگین‌ها استفاده شد. رسم نمودارها نیز توسط نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

درصد اسانس

نتایج نشان داد که درصد اسانس زیره‌سبز تنها تحت تأثیر اثرات ساده تیمارهای آبیاری و توده‌های مختلف زیره‌سبز در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول 1). اثرات ساده محلول‌پاشی توسط اسپرمیدین و همچنین اثرات متقابل دوگانه و سه گانه تیمارهای مختلف مورد بررسی تأثیر معنی‌داری بر درصد اسانس این گیاه نشان ندادند (جدول 1).

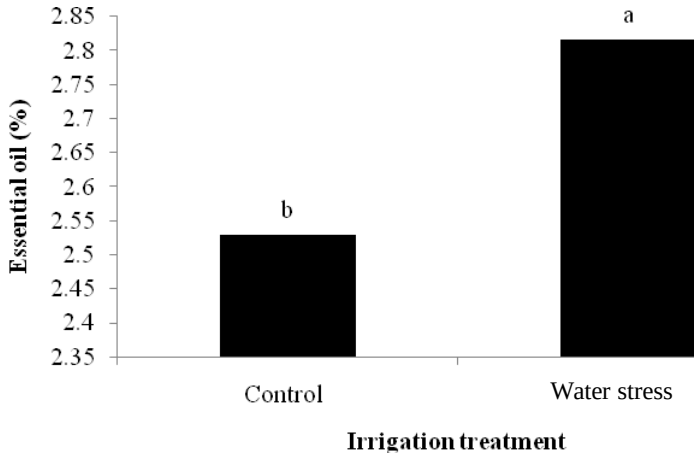
جدول 1- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد و عملکرد اسانس توده‌های مختلف زیره‌سبز تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و محلول‌پاشی

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for essential oil percentage and yield in various ecotype of cumin as affected by irrigation and foliar application treatments

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد اسانس Essential oil percentage	عملکرد اسانس Essential oil yield
بلوک Block	2	0.002^{ns}	0.925^{ns}
آبیاری (A) Irrigation (A)	1	1.11^{**}	3.03^{*}
خطای اول Error 1	2	0.046	1.98
محلول‌پاشی (B) Foliar application (B)	2	0.002^{ns}	1.17^{ns}
آبیاری×محلول‌پاشی A×B	2	0.004^{ns}	0.862^{ns}
خطای دوم Error 2	4	0.024	0.323
توده (C) Ecotype (C)	2	0.463^{**}	284.3^{**}
آبیاری×توده A×C	2	0.007^{ns}	1.80^{ns}
محلول‌پاشی×توده B×C	4	0.004^{ns}	2.11^{*}
آبیاری×محلول‌پاشی×توده A×B×C	4	0.010^{ns}	0.275^{ns}
خطای سوم Error 3	28	0.032	0.582

قطع آبیاری در مرحله گلدهی زیره‌سبز باعث بهبود درصد اسانس این گیاه نسبت به شرایط آبیاری کامل شد (شکل 2). به طوری‌که، در شرایط تنش آبی درصد اسانس زیره‌سبز حدود 11 درصد بیشتر از شرایط عدم قطع آبیاری بود. از آن‌جایی که، اسانس‌ها جزئی از

متابولیت‌های ثانویه گیاهی هستند و گیاه معمولاً در هنگـام دریافـت تنش محیطی میزان این مواد را در بافت‌های خود افـزایش مـی‌دهـد (Fakhr Tabatabaei, 1993; Moradi et al., 2011)، در آزمـایش حاضر نیز به نظر می‌رسد قرارگیری گیاه در شرایط تنش خشکی باعث افزایش متابولیت‌های ثانویه گیاه زیره‌سبز از جمله درصد اسانس شده است. حقیرالسادات و همکاران (Haghiroalsadat et al., 2011) نیز اظهار داشتند که تولید متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی از جمله تنش‌هـای زیسـتی و غیرزیسـتی می‌باشد. جیان و همکاران (Giauan et al., 2000) تیمارهای مختلف تنش آبی را بر روی گیـاه افـرای سـیاه (*Acer negundo* L.) مـورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که هم درصد اسانس و هم درصد اکثر ترکیبات اصلی اسانس در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط عدم تنش افزایش چشم‌گیری نشـان داد. رحیمـی (Rahimi, 2012) گزارش نمود که تغییر دور آبیاری از پنج بـه 11 روز باعـث افـزایش حدود 19 درصدی اسانس گیـاه زیـره‌سـبز در شهرسـتان رفسـنجان گردید. اثر دور آبیاری (در فواصل هفت، 14 و 28 روز) بر روی گیـاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) نشان داد که با طولانی شدن دور آبیاری، به رغم این‌که رشد گیاه و عملکرد اسانس کاهش یافت، ولی درصد اسانس افزایش نشان داد (Reffat & Saleh, 2007).



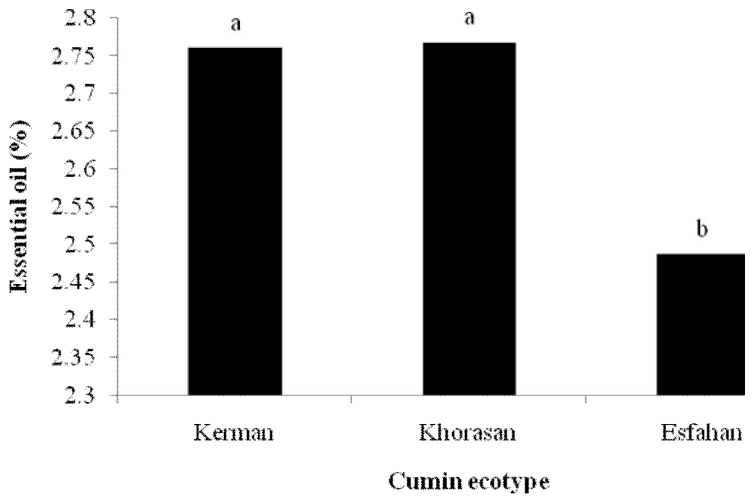
شکل 2- مقایسه میانگین تأثیر قطع آبیاری در مرحله گلدهی (تنش آبی) بر درصد اسانس زیره‌سبز

Fig. 2- Mean comparison for the effect of irrigation cut-off in flowering stage on essential oil percentage of cumin

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

در بین توده‌های مختلف زیره‌سبز از لحاظ درصد اسانس، اختلاف معنی‌داری بین تـوده‌هـای کرمـان (2/76 درصـد) و خراسـان (2/77 درصد) مشاهده نشد، ولی میزان این صفت در تـوده اصـفهان (2/49 درصد) به طور معنی‌داری پایین‌تر از دو تـوده دیگـر بـود (شـکل 3). فرزانه و همکاران (Farzaneh et al., 2010) اظهـار داشـتند کـه بـا وجـود تـأثیر عوامـل محیطـی بـه ویـژه شـرایط تـنش‌زا بـر تولیـد متابولیت‌های ثانویه در گیاهان دارویی، کمیت و کیفیت این مواد بـه شدت تحت کنترل عوامل ژنتیکی گیاه می‌باشند. ولدآبادی و همکاران (Valadabadi et al., 2009) با بررسی درصـد اسـانس تـوده‌هـای مختلف زیره‌سبز شامل سه توده بومی سبزوار، بجنـورد و اسـفراین در منطقه قزوین گـزارش نمودنـد کـه محتـوای اسـانس ایـن گیـاه در توده‌های مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد دارا بود. به طوری‌که، توده اسفراین با دارا بودن 2/53 درصد اسـانس بـه طور معنی‌داری بیشتر از توده‌های بجنـورد (2/22 درصـد) و سـبزوار (2/19 درصد) اسانس تولید نمود. هاشمیان و همکاران (Hashemian et al., 2013) با بررسی میزان اسانس زیره‌سـبز در 11 تـوده بـومی مورد کشت و کار در شمال شرق کشور تأیید نمودند که درصد اسانس در توده‌های مذکور در دامنه 1/36 تا 2/20 درصد متفاوت بود. ایشان اظهار داشتند که به نظر می‌رسد محتوی اسانس بذر گیـاه زیـره‌سـبز بیش از هر عاملی تحت تأثیر ژنتیک این گیاه باشد.



شکل 3- مقایسه میانگین درصد اسانس تحت تأثیر توده‌های مختلف زیره‌سبز

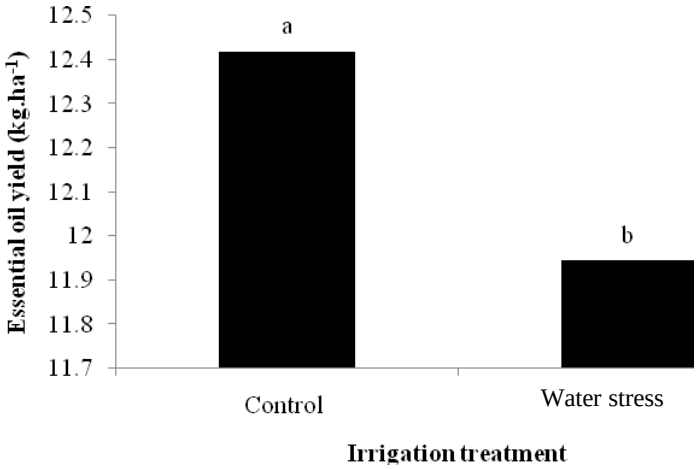
Fig. 3- Mean comparison for essential oil percentage as affected by various ecotypes of cumin

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

عملکرد اسانس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از بین تیمارهای مورد بررسی اثرات ساده آبیاری (در سطح پنج درصد) و توده‌های مختلف زیره‌سبز (در سطح یک درصد) تأثیر معنی‌داری بر عملکرد اسانس زیره‌سبز دارا بودند و این صفت تحت تأثیر معنی‌دار تیمار محلول‌پاشی قرار نگرفت (جدول 1). از بین اثرات متقابل تنها برهمکنش محلول‌پاشی توسط اسپرمیدین با توده‌های مختلف زیره‌سبز در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری بر میزان عملکرد اسانس نشان دادند (جدول 1).



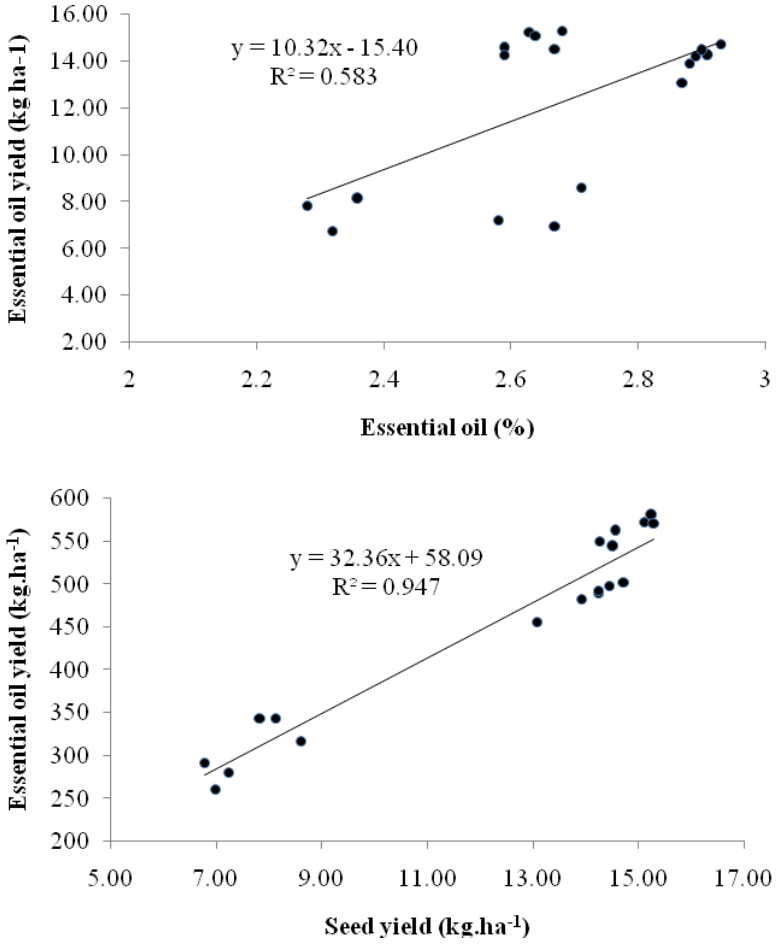
شکل 4- مقایسه میانگین تأثیر قطع آبیاری در مرحله گلدهی (تنش آبی) بر عملکرد اسانس زیره‌سبز

Fig. 4- Mean comparison for the effect of irrigation cut-off in flowering stage on essential oil yield of cumin

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

نتایج نشان داد که قطع آبیاری در مرحله گلدهی منجر به کاهش معنی‌دار عملکرد اسانس زیره‌سبز نسبت به شرایط عدم قطع آبیاری شد (شکل 4). میزان این صفت در تیمار شاهد حدود چهار درصد بیشتر از تیمار قطع آبیاری بود (شکل 4). عملکرد اسانس برآیندی از درصد اسانس و عملکرد دانه می‌باشد (Tanu et al., 2004). این نشان می‌دهد که در این تحقیق تأثیر عملکرد دانه بر عملکرد اسانس بسیار بیشتر از درصد اسانس بوده است. مشاهده ضرایب تبیین در شکل 5- الف و ب به خوبی این موضوع را تصدیق می‌نماید. رابطه خطی بین درصد و عملکرد اسانس با ضریب تبیین 0/58 (شکل 5- الف) بسیار ضعیف‌تر از رابطه بین عملکرد اسانس و عملکرد دانه با ضریب تبیین 0/95 (شکل 5- ب) بود. همان‌طور که در این اشکال مشاهده می‌شود، رابطه بین عملکرد اسانس با هر دو صفت درصد اسانس و عملکرد دانه مثبت بود. به طوری‌که، با افزایش هر کدام از صفات عملکرد دانه و درصد اسانس میزان عملکرد اسانس افزایش نشان داد.



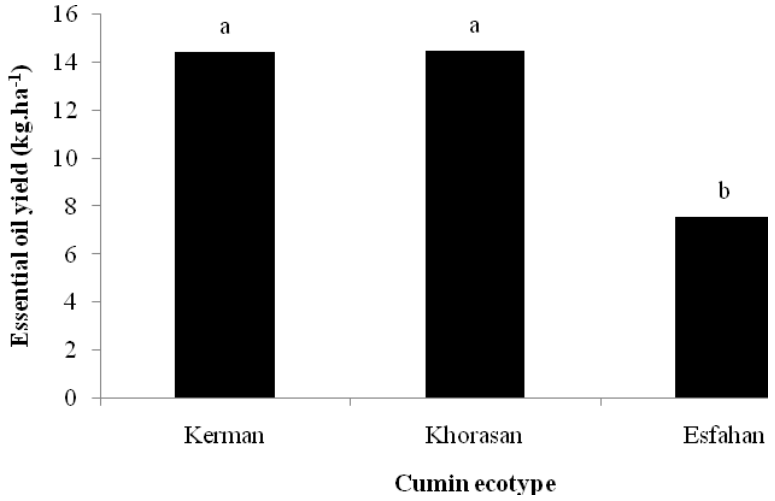
شکل 5- رابطه عملکرد اسانس با درصد اسانس (الف) و عملکرد دانه (ب) زیره‌سبز

Fig. 5- Correlation between essential oil yield with essential oil percentage (A) and seed yield (B) of cumin

بتاآیب و همکاران (Bettaieb et al., 2011) گزارش نمودند که تنش آبی با این‌که باعث افزایش درصد اسانس زیره‌سبز شد ولی به دلیل کاهش میزان عملکرد دانه در تیمار کم آبی، میزان عملکرد اسانس در این شرایط نسبت به تیمار آبیاری کامل کاهش معنی‌داری

یافت. احمدیان و همکاران (Ahmadian et al., 2011) نیز با بررسی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و کمیت اسانس گیاه بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) گزارش نمودند که کاهش میزان آب باعث کاهش معنی‌دار عملکرد گل و افزایش معنی‌دار درصد اسانس این گیاه نسبت به شرایط آبیاری به صورت کامل شد. ایشان تأکید نمودند که با کاهش درصد ظرفیت زراعی میزان عملکرد اسانس نیز مطابق با عملکرد گل کاهش نشان داد.

عملکرد اسانس در توده اصفهان به طور معنی‌داری کمتر از دو توده کرمان و خراسان بود، ولی بین دو توده کرمان و خراسان از نظر این صفت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل 6). نتایج نشان داد که عملکرد اسانس در دو توده کرمان و خراسان حدود دو برابر توده اصفهان بود (شکل 6). نتایج نشان داد که میزان تغییرات عملکرد اسانس در توده‌های مختلف مورد بررسی مطابق با عملکرد دانه (اطلاعات نشان داده نشده است) این توده‌ها بود. هاشمیان و همکاران (Hashemian et al., 2013) نیز تائید نمودند که میزان اسانس در توده‌های مختلف زیره در ایران متفاوت بود.



شکل 6- مقایسه میانگین اثر توده‌های مختلف زیره‌سبز بر عملکرد اسانس زیره‌سبز

Fig. 6- Mean comparison for the effect of ecotype on essential oil of cumin

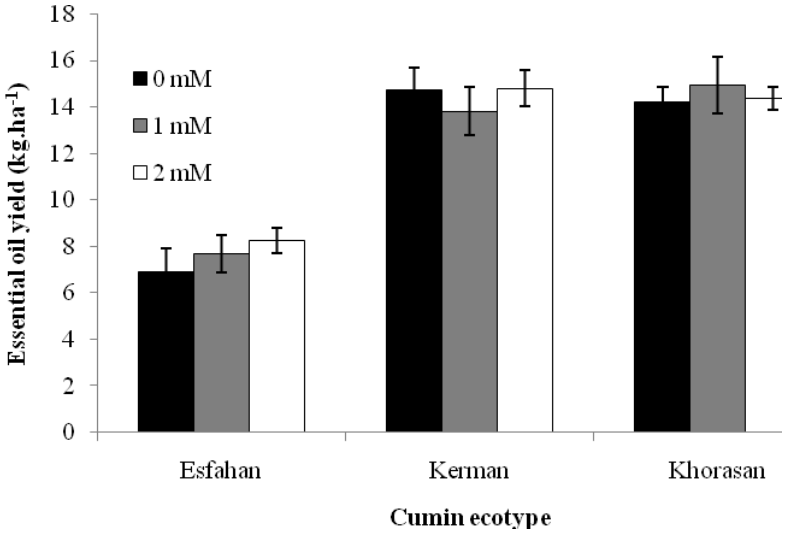
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

Means within a column followed by the same letters are not significantly different based on LSD test.

بررسی برهمکنش توده‌های مختلف زیره‌سبز و محلول‌پاشی توسط اسپرمیدین نشان داد که در کلیه سطوح محلول‌پاشی عملکرد اسانس در توده اصفهان به طور معنی‌داری پایین‌تر از دو توده کرمان و خراسان بود (شکل 7). در دو توده اصفهان و کرمان، بیشترین عملکرد اسانس در سطح محلول‌پاشی دو میلی‌مولار به دست آمد، در حالی‌که، بیشترین میزان این صفت برای توده خراسان در تیمار محلول‌پاشی یک میلی‌مولار مشاهده شد (شکل 7). به طور کلی، بیشترین میزان اسانس (14/92 کیلوگرم در هکتار) در تیمار محلول‌پاشی یک میلی‌مولار و برای توده خراسان حاصل شد و کمترین میزان این صفت (6/87 کیلوگرم در هکتار) را تیمار عدم محلول‌پاشی برای توده اصفهان دارا بود (شکل 7).

ترکیبات اسانس زیره‌سبز

ترکیبات موجود در اسانس زیره‌سبز برای توده‌های مختلف زیره‌سبز در جدول 2 نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود در توده‌های کرمان، خراسان و اصفهان به ترتیب 94/90، 95/54 و 95/14 درصد از کل ترکیبات موجود در اسانس شناسایی شد. به طور کلی، اختلاف معنی‌داری بین اکثر ترکیبات اسانس در هر سه توده مورد بررسی مشاهده شد (جدول 2). ترکیبات β-Pinene، p-Cymene، γ-Terpinene، Cuminaldehyde، p-Mentha-1,4-dien-7-ol و γ-Terpinene-7-al بخش اصلی اجزاء اسانس را در توده‌های مختلف زیره‌سبز شامل شدند.



شکل 7- برهمکنش توده‌های مختلف و محلول‌پاشی توسط اسپرمیدین بر عملکرد اسانس زیره‌سبز

Fig. 7- Interaction of various ecotype and foliar application of spermidine on cumin essential oil yield

در دو توده کرمان و خراسان ترکیب Cuminaldehyde بیشترین درصد را در بین کل اجزاء اسانس به خود اختصاص داد. در حالی‌که، بالاترین جزء اسانس در توده اصفهان ترکیب γ-Terpinene-7-al بود (جدول 2). جیرووست و همکاران (Jirovest & Buchbouer, 2005) در تحقیقات خود مهمترین ترکیب‌های زیره‌سبز را Cuminaldehyde، β-Pinene، p-Cymene و γ-Terpinene معرفی نمودند. فنایی و همکاران (Fanaei et al., 2006) با بررسی ترکیبات مختلف گیاه زیره‌سبز گزارش نمودند که 93/5 درصد از ترکیبات موجود در اسانس این گیاه شناسایی شد و دو ترکیب Cuminaldehyde و p-Mentha-1,4-dien-7-ol مهمترین ترکیبات اسانس را تشکیل دادند. همچنین، یاکوبلیس (Iacobellis, 2005) گزارش نمود که مواد اصلی تشکیل دهنده اسانس زیره‌سبز شامل p-Mentha-1,4-dien-7-ol، Cuminaldehyde، γ-Terpinene و β-Pinene می‌باشد.

ترکیبات Comphene و Sabinene در دو توده کرمان و خراسان مشاهده نشد ولی در توده اصفهان وجود داشت (جدول 2). از طرفی، دو ترکیب 1,8-Cineole و α-Pinene در توده‌های کرمان و خراسان شناسایی شد، ولی در توده اصفهان یافت نشد (جدول 2).

در توده کرمان ترکیبات Cuminaldehyde (29/30 درصد)، γ-Terpinene-7-al (19/70 درصد) و γ-Terpinene (15/03 درصد) مهمترین ترکیبات اسانس این توده را تشکیل دادند (جدول 2). ترکیب اول مربوط به گروه آلدهیدها[1] بوده و دو ترکیب دیگر به ترتیب مربوط به گروه الکل‌ها[2] و هیدروکربن‌ها[3] می‌باشد (Eikani et al., 1999). توده خراسان نیز از نظر میزان ترکیبات روندی مشابه با توده کرمان را نشان داد. به طوری‌که ترکیبات Cuminaldehyde، γ-Terpinene-7-al و γ-Terpinene به ترتیب با 32/70، 24/10 و 14/07 درصد بیشترین سهم را در بین ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس این توده دارا بودند (جدول 2). توده اصفهان روندی متفاوت نسبت به دو توده کرمان و خراسان را نشان داد (جدول 2). در این توده ترکیبات γ-Terpinene-7-al (23/40 درصد)، Cuminaldehyde (20/60 درصد) و γ-Terpinene (19/57 درصد) مهمترین ترکیبات تشکیل‌دهنده اسانس بودند. ایکانی و همکاران (Eikani et al., 1999) مهمترین ترکیبات موجود در اسانس بذر زیره‌سبز را p-Mentha-1,4-dien-7-al و γ-Terpinene به ترتیب با 27 و 24 درصد گزارش نمودند. محمودی و همکاران (Mahmoudi et al., 2012) نیز مهمترین ترکیب اسانس زیره‌سبز مربوط به توده کرمان را

1- Aldehydes
2- Alcohols
3- Hydrocarbons

Cuminaldehyde با 29 درصد تشخیص دادند که با نتایج آزمـایش حاضر مطابقت دارد. بررسی ترکیبات مختلف زیره‌سبز در ترکیـه نیـز نشان داد کـه p-Mentha-1,4-dien-7-al بـا دارا بـودن حـدود 16 درصد مهم‌ترین ترکیب موجود در اسانس این گیاه بود (Kan et al., 2007).

جدول 2- میزان ترکیبات مختلف شناسایی شده در اسانس توده‌های مختلف زیره‌سبز

Table 2- Value of recorded essential oil components of various ecotype of cumin

ترکیبات Components	شاخص بازداری Retention index	اصفهان Esfahan	خراسان Khorasan	کرمان Kerman
α-توژون α-Thujene	928	0.33±0.009	0.18±0.008	0.24±0.004
α-پینن α-Pinene	939	0.51±0.008	0.57±0.005	0.44±0.015
کامفن Comphene	950	0.53±0.014	–	–
β-پینن β-Pinene	981	9.14±0.071	8.79±0.152	10.39±0.343
سابینن Sabinene	986	0.34±0.017	–	–
میرسن Myrcene	989	1.16±0.032	0.73±0.022	0.81±0.040
α-فلاندرن α-Phellandrene	1003	1.79±0.083	1.83±0.083	1.83±0.091
α-ترپینن α-Terpinene	1015	0.22±0.008	0.16±0.008	0.18±0.009
p-سیمن p-Cymene	1027	5.12±0.266	4.14±0.370	8.82±0.228
β-فلاندرن β-Phellandrene	1030	0.11±0.003	0.77±0.020	0.81±0.014
1، 8- سینئول 1,8-Cineole	1031	–	0.86±0.043	0.73±0.047
γ-ترپینن γ-Terpinene	1061	19.57±0.210	14.07±0.699	15.03±0.210
ترپینولن Terpinolene	1089	0.15±0.004	0.17±0.006	0.18±0.005
α-پینن α-Pinene	1093	–	1.41±0.073	1.23±0.010
کومینالدهید Cuminaldehyde	1247	20.60±1.023	32.70±0.844	29.30±1.053
p-منتا-1، 4-دی‌ان-7-ال p-Mentha-1,4-dien-7-ol	1274	11.87±0.589	4.98±0.128	4.89±0.176
γ-ترپینن-7-آل γ-Terpinene-7-al	1304	23.40±1.162	24.10±0.622	19.70±0.708
β-کاریوفیلن β-Caryophyllene	1425	0.30±0.015	0.08±0.002	0.32±0.011
مجموع Summation	–	95.14	95.54	94.90

در بررسی جداگانه اجزاء اصلی اسانس مشـاهده شـد کـه از نظـر ترکیب β-Pinene توده‌های کرمان، اصفهان و خراسان به ترتیب در رتبه‌های اول تا سوم قرار داشتند (جدول 2). دو توده خراسـان (4/14 درصد) و اصفهان (5/12 درصد) از لحاظ درصد ترکیـب p-Cymene شباهت بیشتری نشان دادند و میزان این ترکیب در این دو تـوده بـه طور معنی‌داری پایین‌تر از توده کرمان (8/82 درصد) بود (جـدول 2).

پژوهی و همکاران (Pajhoohi et al., 2010) نیز میزان ترکیب β-Pinene در اسانس زیره‌سبز مورد کشت و کار در تهران را حدود 7/70 درصد گزارش نمودند که شباهت بیشتری با توده کرمان در آزمایش ما دارد. در بین توده‌های مورد بررسی، میزان γ-Terpinene که جزء مهمترین ترکیبات اسانس در هر سه توده نیز بود در توده اصفهان به طور معنی‌داری بالاتر از دو توده دیگر بود. در حالی‌که، بین دو توده کرمان و خراسان از لحاظ این ترکیب اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول 2). ترکیب Cuminaldehyde مهمترین ترکیب اسانس در دو توده کرمان و خراسان بود و میزان این ترکیب بین هر سه توده اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول 2). میزان این ترکیب در دو توده خراسان و کرمان به ترتیب حدود 38 و 27 درصد بیشتر از توده اصفهان بود. اکثر مطالعات در زمینه بررسی ترکیبات موجود در اسانس زیره‌سبز ترکیب Cuminaldehyde را مهمترین ترکیب اسانس این گیاه تشخیص داده‌اند. ترکیب p-Mentha-1,4-dien-7-ol بین دو توده کرمان و خراسان اختلاف معنی‌داری نشان نداد. ولی بین این دو توده و توده اصفهان اختلاف معنی‌داری از لحاظ این ترکیب مشاهده شد (جدول 2). میزان ترکیب مذکور در توده اصفهان بیش از دو برابر توده‌های کرمان و خراسان بود. توده خراسان بالاترین میزان (24/10 درصد) ترکیب γ-Terpinene-7-al را در بین توده‌های مورد بررسی شامل شد (جدول 2). کمترین میزان این ترکیب (19/70 درصد) نیز در توده کرمان به دست آمد. دو توده خراسان و اصفهان از نظر γ-Terpinene-7-al شباهت بیشتری نشان دادند (جدول 2). هاشمی و همکاران (Hashemian et al., 2013) نیز میزان این ترکیب را در توده‌های مختلف زیره‌سبز از 13 تا 25 درصد متغیر نشان داد. میزان این ترکیب در آزمایش پژوهی و همکاران (Pajhoohi et al., 2010) حدود 8/9 درصد گزارش شد. به طور کلی، نتایج نشان داد که در بین سه توده مورد بررسی دو توده کرمان و خراسان از نظر ترکیبات اسانس شباهت بیشتری دارا بودند.

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق نشان داد که قطع آبیاری باعث افزایش درصد اسانس در کلیه توده‌های مورد بررسی زیره‌سبز گردید. از طرفی، دو توده خراسان و کرمان به طور معنی‌داری درصد اسانس بالاتری را نسبت به توده اصفهان شامل شدند. به دلیل تأثیر بیشتر عملکرد دانه نسبت به درصد اسانس بر میزان عملکرد اسانس، میزان اسانس تولیدی در شرایط آبیاری کامل به طور معنی‌داری بالاتر از شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی بود. همانند درصد اسانس، میزان عملکرد اسانس در توده اصفهان کمتر از توده‌های خراسان و کرمان بود. محلول‌پاشی توسط اسپرمیدین تأثیر معنی‌داری بر خصوصات اسانس نداشت. ترکیبات β-Pinene، p-Cymene، γ-Terpinene، Cuminaldehyde، p-Mentha-1,4-dien-7-ol و γ-Terpinene-7-al بخش اصلی اجزاء اسانس را در توده‌های مختلف زیره‌سبز شامل شدند. دو توده کرمان و خراسان از نظر ترکیبات اسانس شباهت بیشتری را نسبت به توده اصفهان دارا بودند.

منابع

Abolhassani, M., Lakzian, A., Haghnia, G., and Sarcheshme Poor, M. 2006. Inoculation of alfalfa with Synorhizobium melliluni of resister to drought and slat stress in water deficit condition in greenhouse. Iranian Field Crops Research 4: 183-195. (In Persian with English Summary)

Ahmadian, A., Ghanbari, A., and Siahsar, B. 2011. Effect of drought stress and chemicals and organic fertilizers on yield and yield components of *Matricaria chamomilla* L. Journal of Agroecology 3: 383-395. (In Persian with English Summary)

Bakhtari, S., Khajoei Nejad, G.R., and Mohamadi Nejad, G. 2014. Effect of irrigation cut-off in flowering stage and foliar application of spermidine on some quantitative and qualitative characteristic of various ecotypes of cumin. 2nd National Conference of Medicinal Plants Used in Traditional Medicine and Lifestyle. Torbat University, December 10 p. 33-34. (In Persian)

Bettaieb, I., Knioua, S., Hamrouni, I., Limam, F., and Marzouk, B. 2011. Water-deficit impact on fatty acid and essential oil composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) aerial parts. Journal of Agricultural and Food Chemistry 59: 328-334.

Chandra, P., Sairanganayakulu, G., Thippeswamy, M., Sudhakar Reddy, P., Reddy, M.K., and Chinta Sudhakar, H. 2008. Identification of stress-induced genes from the drought tolerant semi-arid legume crop horsegram

(*Macrotyloma uniflorum* (Lam.) Verdc.) through analysis of subtracted expressed sequence tags. Plant Science 175: 372-384.

Clevenger, J.H. 1928. Apparatus for the determination of volatile oil. Journal of the American Pharmacists Association 17: 346.

Eikani, M.H., Goodarznia, I., and Mirza, M. 1999. Supercritical carbon dioxide extraction of cumin seeds (*Cuminum cyminum* L.). Flavour and Fragrance Journal 14: 29-31.

Fakhr Tabatabaei, M. 1993. Medicinal plants and effect of stress parameters on their life. Iranian Journal of Natural Resources 47: 14-19. (In Persian with English Summary)

Fanaei, H.R., Akbari Moghadam, H., Keigha, G.A., Ghaffarie, M., and Alli, A. 2006. Evaluation of agronomy and essential oil components of *Cuminum cyminum* L., *Foeniculum vulgar* Mill. and *Nigella sativa* L. in the condition of Sistan region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22: 34-41. (In Persian with English Summary)

Farzaneh, A., Ghani, A., and Azizi, M. 2010. The effect of water stress on morphological characteristic and essential oil content of improved sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Plant Production 17: 103-112. (In Persian with English Summary)

Giauan, L., Gougu, G., Ying Bai, S., and Shenys, L. 2000. Changes of volatiles from drought stressed ash leaf maple (*Acer negundo*) in July and August. Forestry studies in China 2: 27-33.

Guenther, E. 1961. The Essential Oils. D. von Nostrand Comp. Press, New York.

Haghiroalsadat, F., Vahidi, A., Sabour, M., Azimzadeh, M., Kalantar, M., and Sharafadini, M. 2011. The Indigenous *Cuminum cyminum* L. of Yazd province: Chemical assessment and evaluation of its antioxidant effects. Journal of Shahid Sadoughi University of Medicinal Science 19(4): 472-81. (In Persian with English Summary)

Hashemian, N., Ghasemi Pirbalouti, A., Hashemi, M., Golparvar, A., and Hamedi, B. 2013. Diversity in chemical composition and antibacterial activity of essential oils of cumin (*Cuminum cyminum* L.) diverse from Northeast of Iran. AJCS 7(11): 1752-1760.

Iacobellis, N.S. 2005. Antibacterial activity of *Cuminum cyminum* L. and *Carum carvi* L. essential oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53(1): 57-61.

Jirovest, L., and Buchbouer, G. 2005. Composition quality control and antimicrobial activity of the essential oil of *Cuminum cyminum* L. from Bulgaria that had been saved for up to 36 years. Journal of Food Science and Technology 40(3): 305-310.

Kafi, M. 2002. Cumin (*Cuminum cyminum*): Production and Processing. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran p. 15-35. (In Persian)

Kafi, M., Rashed Mohassel, M.H., Koocheki, A., and Mollafilabi, A. 2002. Cumin Production and Processing. Ferdowsi University Publishing, Mashhad, Iran 195 pp. (In Persian)

Kan, Y., Kartal, M., Özek, T., Aslan, S., Başer, K.H.C. 2007. Composition of essential oil of *Cuminum cyminum* L. According to harvesting times. Turkish Journal of Pharmaceutical Sciences 4(1): 25-29.

Kirigwi, F.M., Van Ginkel, M., Trethowan, R.G., Sears, R.G., Rajaram, S., and Paulsen, G.M. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. Euphytica 135: 361-371.

Koocheki, A. 2009. Agronomy in Dryland Regions. Jihad Daneshgahi of Mashhad Press, Iran 201 pp. (In Persian)

Liu, J.H., Kitashiba, H., Wang, J., Ban, Y., and Moriguchi, T. 2007. Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. Plant Biotechnology 24: 117-126

Mahmoudi, R., Ehsani, A., and Zare, P. 2012. Phytochemical, antibacterial and antioxidant properties of *Cuminum cyminum* L. essential oil. Journal of Industrial Food Research 22: 311-321. (In Persian with English Summary)

Mathur, B.L., and Prasad, N. 1964. Studies on wilt disease of cumin by *Fusarium oxysporum f.sp.cumini*. Indian Journal of Agriculture Science 34: 131-137.

Moradi, R., Nassiri Mahallati, M., Rezvani Moghaddam, P., Lakzian, A., and Nejhadali, A. 2011. Effect of biological and organic fertilizers on essential oil quantity and quality of fennel. Iranian Journal of Horticultural Science 25: 25-33. (In Persian with English Summary)

Nakhrizi Moghaddam, A. 2009. Effect of plant density and stages of water stress on yield, yield component of cumin (*Cuminum cyminum*). Iranian Journal of Crop Sciences 40(3): 63-69.

Nasibi, F., Manouchehri Kalantari, K., and Fazelian, N. 2012. The effects of spermidin and methylene blue pretreatment on some physiological responses of *Matricaria recutita* plants to salt stress. Processing and Function of Plant 2: 61-71. (In Persian with English Summary)

Orcutt, D.M., and Nilsen, E.T. 2000. The Physiology of Plants under Stress, Soil and Biotic Factors. John Wiley and Sons New York p. 177-235.

Pajhoohi, M., Tajik, H., Akhondzade, A., Gandomi, H., Ehsani, A., and Ahokuhi, F. 2010. Assessing essential oil components and antimicrobial activity of *Mentha longifolia* L. and *Cuminum cyminum* L. with and without of nisin. Medicine Journal of Orumiye 21: 324- 331. (In Persian with English Summary)

Pang, X.M., Zhang, Z.Y., Wen, X.P., Ban, Y., and Moriguchi, T. 2007. Polyamines, all-purpose players in response to environment stresses in plants. Plant Stress 1: 173-188.

Rahimi, A. 2012. Effect of osmopriming and irrigation regime on yield quantity and essential oil content of cumin (*Cuminum ciminum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 28: 131-141. (In Persian with English Summary)

Reffat, A.M., and Saleh, M.M. 2007. The combined effect of irrigation intervals and foliar nutrition on sweet basil plants. Bulletin of Faculty of Agriculture University of Cairo 48: 515-527.

Rezvani Moghaddam, P., and Moradi, R. 2012. Effect of planting dates, biological fertilizers and intercropping on yield and essential oil quantity of Cumin and Fenugreek. Journal of Iranian Crop Science. 43: 230-217. (In Persian with English Summary)

Roy, K., Niyogi, K., SenGupta, D.N., and Gousch, B. 2005. Spermidine treatment to rice seedlings recovers salinity stress-induced damage of plasma membrane and PM-bound H+- ATPase in salt- tolerant and salt sensitive rice ecotypes. Plant Science 168: 583-591.

Saeed Nejhad, A.H., and Rezvani Moghaddam, P. 2010. Effect of biological and chemical fertilizers on morphological parameters, yield, yield components and essential oil percentage of cumin. Journal of Horticultural Science 24: 38-44. (In Persian with English Summary)

Sefidkan, F. 2001. Assessing essential oil quantity and quality of fennel in different growth stages. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 7: 85-104. (In Persian with English Summary)

Sujatha, S., Bhat, R., Kannan, C., and Balasimha, D. 2011. Impact of intercropping of medicinal and aromatic plants with organic farming approach on resource use efficiency in arecanut (*Areca catechu* L.) plantation in India. Industrial Crops and Products 33: 78-83.

Tanu, A., Prakash, A., and Adholeya, A. 2004. Effect of different organic manures/composts on the herbage and essential oil yield of *Cymbopogon winterianus* and their influence on the native AM population in a marginal alfisol. Bioresource Technology 92: 311-319.

Valadabadi, S.A., Alimohammadi, M., Afshari, M., and Daneshian, J. 2009. Efeect of nitrogen on percentage and essential oil yield of local masses of green cumin (*Cuminum cyminum* L.). Plant Ecophysiology 1: 29-39. (In Persian with English Summary)

Wang , S., Yieh, T., and Shih, I. 1999. Purification and characterization of a new antifungal compound produced by *Pseudomonas aeruginosa* K-187 in a shrimp and crab shell powder medium. Enzyme and Microbial Technoloy 25: 439-446.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 521-535

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 535-521

The Effect of Irrigation Cut-off in Flowering Stage and Foliar Application of Spermidine on Essential Oil Quantity and Quality of Three Ecotypes of Cumin

S. Bakhtari[1], G.R. Khajoei Nejad[2*] and G. Mohamadi Nejad[3]

Submitted: 23-10-2014
Accepted: 27-01-2015

Bakhtari, S., Khajoei Nejad, G.R., and Mohamadi Nejad, G. 2017. The effect of irrigation cut-off in flowering stage and foliar application of spermidine on essential oil quantity and quality of three ecotypes of cumin. Journal of Agroecology 8(4): 521-535.

Introduction

Cumin (*Cuminum cyminum* L.) is an annual plant that commonly cultivated in arid and semiarid regions of Iran. The crop has a wide range of uses including medicinal, cosmetic and food industry. Cumin occupies about 26% of total area devoted to medicinal plants in Iran. However, cumin is seriously affected by the Fusarium wilt and blight diseases. The diseases usually increase under warm and wet conditions.

Control of the diseases incidence is a crucial factor for cumin production. Limited control of the diseases is provided by seed pre-sowing with certain fungicides such as benlate. Soil fumigation with methyle bromide can provide a control measure against the disease but may be limited application value for large scale production systems in the open field. In addition, methyle bromide is considered an ozone-depleting compound and has potential risk on the living environment and human health. Considering the environmental limitations of chemical fungicides, it seems appropriate to search for a supplemental control strategy .It was demonstrated that peak of the diseases incidence is occurred at flowering stage and irrigation cut-off in this time may be reduced the diseases density.

Materials and methods

This experiment was conducted in a split-split-plot arrangement in randomized complete block design with three replications in research farm of Shahid Bahonar University of Kerman at 2014. The experimental treatments were irrigation (complete irrigation and cut-off the irrigation in flowering stage) assigned to main plots, foliar application of spermidine (0, 1 and 2 Mm) as subplot and cumin ecotypes (Kerman, Khorasan and Esfahan) that was randomized in sub-subplot. The seedbed preparation was made based on common practices at the location. Plots size under the trial was 4 m×3 m so as to get 50 cm inter row spacing in six rows. The ideal density of the crops was considered as 120 plant.m^{-2}. As soon as the seeds were sown, irrigation continued every 10 days. Foliar application of spermidine was done at three stage (after thinning, before flowering stage and median of flowering stage). No herbicides and chemical fertilizers were applied during the course of the trials and weeding was done manually when necessary.

For extraction of cumin essential oil, from each plot, cumin seed were crushed at 50 g by electric grinder and suspended in 750 mL distilled water. Ground mass was subjected to hydro-distillation using Clevenger's apparatus. After 4 h, the essential oils were collected and dehydrated with Na_2SO_4 using the method of Guenther. Then essential oil yield and percentage was determined. GC/MS machine (Shimadzu GC/MS model QP5050) was used to specify the percentage of cumin essential oil components.

Results and discussion

The results showed that irrigation and ecotype treatments had significant effect on essential oil percentage and yield, but there was not significant difference between foliar application levels in terms of the traits. The irrigation cut-off treatment caused to increase in percentage and decrease in yield of essential oil compared to complete irrigation conditions. The pharmaceutical value of medicinal plants depends on their secondary metabolite components and these materials are increased by stress. Therefore, drought stress caused to higher

1, 2 and 3- MSc Student, Assistant Professor, Department of Agronomy and plant Breeding and Research Institute Horticulture, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar Univercity of Kerman, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: khajoei@uk.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.40538

secondary metabolite including essential oil. The seed yield in comparison with essential oil percentage had more effect on essential oil yield. The traits were significantly higher in Kerman and Khorasan ecotypes than Esfahan. The highest essential oil yield (14.92 $kg.ha^{-1}$) was gained in 1 Mm spermidine for Khorasan ecotype and the lowest (6.87 $kg.ha^{-1}$) was observed in 0 Mm spermidine for Esfahan ecotype. p-Cymene, γ-Terpinene, Cuminaldehyde, p-Mentha-1,4-dien-7-ol and ɣ-Terpinene-7-al were contained the main components of essential oil in all the ecotypes. The most important component of essential oil in Kerman and Khorasan ecotypes was Cuminaldehyde and in Esfahan was ɣ-Terpinene-7-al. In essence, Kerman and Khorasan ecotypes had more similarity based on components of essential oil Similar compounds are reported by Iacobellis, (2005), Fanaei et al. (2006) and Jirovest and Buchbouer, (2005).

Conclusion

In essence, irrigation cut-off in flowering stage caused to significant increase in percentage and decrease in yield of cumin essential oil compared to complete irrigation conditions. Kerman and Khorasan ecotypes had higher essential oil percentage and yield than Esfahan. The most important component of essential oil in Kerman and Khorasan ecotypes was Cuminaldehyde and in Esfahan was ɣ-Terpinene-7-al.

Keywords: Cuminaldehyde, Drought stress, Essential oil components, Medicinal plant, Terpinene

References

Fanaei, H.R., Akbari Moghadam, H., Keigha, G.A., Ghaffarie, M., and Alli, A. 2006. Evaluation of agronomy and essential oil components of *Cuminum cyminum* L., *Foeniculum vulgar* Mill. and *Nigella sativa* L. in the condition of Sistan region. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22: 34-41. (In Persian with English Summary)

Iacobellis, N.S. 2005. Antibacterial activity of *Cuminum cyminum* L. and *Carum carvi* L. essential oils. Journal of Agricultural and Food Chemistry 53(1): 57-61.

Jirovest, L., and Buchbouer, G. 2005. Composition quality control and antimicrobial activity of the essential oil of *Cuminum cyminum* L. from Bulgaria that had been saved for up to 36 years. Journal of Food Science and Technology 40(3): 305-310.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 536-550

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 550-536

اثر بقایای گیاهی و سطوح عناصر غذایی پرمصرف بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.)

فاطمه خمدی[1*]، موسی مسگرباشی[2]، پیمان حسیبی[2]، معصومه فرزانه[3] و نعیمه عنایتی ضمیر[4]

تاریخ دریافت: 1393/08/07
تاریخ پذیرش: 1394/03/23

خمدی، ف.، مسگرباشی، م.، حسیبی، پ.، فرزانه، م.، و عنایتی ضمیر، ن. 1395. اثر بقایای گیاهی و سطوح عناصر غذایی پرمصرف بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 550-536.

چکیده

این آزمایش به منظور ارزیابی اثر بقایای گیاهی و سطوح مختلف کود کامل NPK بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) در شرایط آب و هوایی اهواز در طی سال‌های زراعی 93-1391 انجام شد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از بقایای گیاهی در هشت سطح شامل CR_1: کاه و کلش گندم؛ CR_2: بقایای کلزا (*Brassica napus* L.)؛ CR_3: بقایای جو (*Hordeum vulgare* L.)؛ CR_4: بقایای جو + ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth.)؛ CR_5: کاه و کلش گندم + کود سبز ماش (*Phaseolus aureus* L.)؛ CR_6: بقایای ماشک علوفه‌ای (*Vicia sativa* L.)؛ CR_7: بقایای ماش دانه‌ای (*Vigna radiate* L. Wilczek)؛ CR_8: بدون کاربرد بقایای گیاهی در کرت‌های اصلی و کود کامل NPK در سه سطح F_1: (180N-120P-100K)، F_2: (140N- 95P - 80K) و F_3: (90N- 60P-40 K) کیلوگرم در هکتار در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. صفات مورد بررسی شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، طول سنبله، شاخص برداشت، درصد پروتئین بودند. صفات اندازه‌گیری شده تحت اثر بقایای گیاهی و سطوح کودی و اثر متقابل بین آن‌ها قرار گرفتند. عملکرد بیولوژیک، تعداد سنبله در مترمربع، درصد پروتئین و ارتفاع بوته با افزایش مصرف کودهای NPK افزایش نشان دادند، در حالی‌که تفاوت معنی‌داری بین سطح کودی F_1 با F_2 کیلوگرم در هکتار از لحاظ عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله وجود نداشت، ولی نسبت به تیمار F_3 افزایش معنی‌داری نشان دادند. عملکرد دانه گندم در تیمار کاه و کلش گندم + ماش (کود سبز) 26 درصد افزایش عملکرد نسبت به تیمار بدون بقایا نشان داد و تیمارهای کاه جو + ماشک گل خوشه‌ای (کود سبز)، کاه جو، کاه گندم، بقایای کلزا، بقایای ماشک علوفه‌ای و کاه و کلش ماش به ترتیب با 23، 18، 14، 10، 7 و 7 درصد افزایش عملکرد در رتبه‌های بعدی قرار داشتند. همچنین، عملکرد گندم در سطح کودی F_2 در تیمار کاه و کلش جو + ماشک (کود سبز) 25 درصد بالاتر از عملکرد آن در سطح کودی F_1 در تیمار بدون بقایا بود. این نشان می‌دهد که با کاربرد بقایای گیاهی با کیفیت مناسب ضمن افزایش تولید گندم، عملکرد آن کمتر تحت تأثیر نهاده‌های شیمیایی مثل کودهای معدنی قرار می‌گیرد. بنابراین، کاربرد کاه و کلش غلات و کود سبز لگوم در سطح کودی F_2 می‌تواند باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم گردد.

واژه‌های کلیدی: درصد پروتئین، کاه و کلش غلات، کلزا، کود سبز لگوم، ماشک گل خوشه‌ای

مقدمه

بهره‌گیری از تناوب زراعی، استفاده از بقایای گیاهی، به کارگیری کودهای آلی، کود سبز و کودهای بیولوژیک از راهکارهای مؤثر در افزایش پایداری و بهبود تولید محصولات زراعی و ایجاد امنیت غذایی در سطح جهان است (Koocheki et al., 2007; Aulakh et al., 2012; Fischer et al., 2002). سوزاندن مداوم بقایای محصول

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار، استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات و استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: stu.agri@chmail.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.40656

قبلی به ویژه در شرایط کشت دوگانه، کمبود مواد آلی خاک و کاهش حاصلخیزی خاک‌های زراعی را در پی خواهد داشت. این درحالی است که نقش کاه و کلش باقیمانده گیاهی را می‌توان به تأمین مواد غذایی آزاد شده برای گیاه، کاهش تلفات آب خاک، تعدیل دمای خاک، کاهش اسیدیته خاک در قابل جذب نمودن برخی عناصر برای گیاه، افزایش ذخیره رطوبتی خاک، بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک و منبع انرژی برای فعالیت میکروارگانیسم‌ها با اهمیت دانست (Verhulst et al., 2011; Marraccini et al., 2012; Aulakh et al., 2012). هر چند استفاده از کودهای معدنی ظاهراً سریع‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک به شمار می‌رود، لیکن هزینه‌ای زیاد مصرف کود، آلودگی و تخریب محیط زیست و خاک نگران کننده است. بنابراین استفاده کامل از منابع غذایی قابل تجدید (آلی و بیولوژیک) به همراه کاربرد بهینه از مواد معدنی نقش مهمی در حفظ باروری ساختمان و فعالیت‌های حیاتی خاک ایفا می‌کند (Marraccini et al., 2012). آزمایشات تناوب طولانی مدت حاکی از آن است که تناوب به تنهایی قادر به تأمین و بازگرداندن عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان نمی‌باشد لذا در صورت عدم جایگزینی عناصر غذایی برداشت شده توسط گیاهان زراعی، بهره‌وری سیستم تناوبی به تدریج کاهش می‌یابد (Bhattacharyya et al., 2008; Lenssen et al., 2007; Miglierina et al., 2000). کودهی و تناوب دو عامل تعیین کننده ثبات عملکرد در گیاهان زراعی می‌باشند و در اغلب آزمایشات تناوبی مشاهده شده است که کمترین نوسانات در عملکرد برای شرایط تناوبی همراه با مصرف کودهای نیتروژنه، فسفر و پتاس می‌باشد. لذا تلفیق دو عامل تناوب و کوددهی ضمن افزایش عملکرد یک حالت تعدیل کنندگی بر عملکرد نیز دارد (Bhattacharyya et al., 2008; Cucci et al., 2007). نیتروژن از جمله پرمصرف‌ترین عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان مختلف است. میانگین میزان نیتروژن در گیاهان زراعی 2-1 درصد می‌باشد که حتی در مواردی به 6-5 درصد نیز می‌رسد (Koocheki et al., 2007). نیتروژن نخستین عنصری است که کمبود آن در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح می‌باشد، زیرا در این مناطق مقدار ماده آلی که عمده‌ترین منبع ذخیره نیتروژن محسوب می‌شود به دلایلی از جمله بارندگی اندک، عدم وجود تناوب زراعی مناسب، دمای زیاد، رطوبت نسبی پایین، پوشش گیاهی ناچیز و میانگین اندک مصرف کودهای حیوانی و کود سبز در حد پایینی می‌باشد (Lopez-Bellido et al., 1998)، اگر پتاسیم کافی در خاک وجود نداشته باشد نیتروژن نیز کارایی کافی را نداشته و در نتیجه تأثیر آن بر رشد و تولید کمتر از مقدار مورد انتظار خواهد بود به عبارت دیگر اگر مقدار پتاسیم محدود باشد جذب و استفاده از نیتروژن نیز محدود خواهد شد در این شرایط شکل‌های محدود نیتروژن در خاک باقی مانده و جذب گیاه نمی‌شود، لذا خطر آبشویی نیتروژن افزایش می‌یابد (Zhao et al., 2006; Shui et al., 2007). حدود 70 تا 80 درصد از پتاسیم کل در بخش‌های رویشی غلات باقی می‌ماند از این‌رو بازگرداندن کاه و کلش غلات به خاک اثر معنی‌داری بر چرخه پتاسیم در سیستم گیاه و خاک خواهد داشت (Dotaniya., 2013; Coa et al., 2004). عنصر فسفر یک عنصر محدود کننده عملکرد برای گندم (*Triticum aestivum* L.) می‌باشد. درجه حرارت، بقایای گیاهی باقیمانده از محصول پیش کاشت و اقدامات مدیریتی محصول قبلی و خصوصیات خاک بر قابلیت دسترسی فسفر برای گندم مؤثر هستند، معمولاً فسفر کل خاک در لایه شخم بالا و میزان آن متغیر می‌باشد، ولی عمده آن به صورت ترکیبات غیرقابل دسترس برای گیاهان می‌باشد. در طی فرایند تجزیه بقایای گیاهی اسیدکربنیک آزاد می‌شود و pH خاک کاهش می‌یابد. با اسیدی تر شدن خاک قابلیت دسترسی فسفر افزایش می‌یابد (Shahriar, 2009; Koocheki et al., 2007)، از این‌رو بازگشت بقایای گیاهی به جا مانده از زراعت قبلی از ارکان مهم و اجتناب‌ناپذیر پایداری اکوسیستم‌های کشاورزی می‌باشد این آزمایش با هدف بررسی اثر بقایای گیاهان پیش کاشت و ترکیب کودهای NPK در سطوح مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز با موقعیت 31 درجه و 19 دقیقه عرض جغرافیایی و 48 درجه و 41 دقیقه طول جغرافیایی و در حاشیه غربی رودخانه کارون با ارتفاع 20 متر از سطح دریا در طی سال‌های زراعی 93-1391 به اجرا درآمد. آزمایش به صورت اسپلیت پلات با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی عبارت بودند از بقایای گیاهی در هشت سطح شامل CR_1: کاه و کلش گندم؛ CR_2: بقایای کلزا (*Brassica napus* L.)؛ CR_3: بقایای جو (*Hordeum vulgare* L.)؛ CR_4: بقایای جو + ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* Roth.)؛ CR_5: کاه و کلش گندم + کود

سبز ماش (*Phaseolus aureus* L.)؛ CR_6: بقایای ماشک علوفه‌ای (*Vicia sativa* L.)؛ CR_7: بقایای ماش دانه‌ای (*Vigna radiate* L. Wilczek)؛ CR_8: بدون کاربرد بقایای گیاهی در کرت‌های اصلی و کود کامل NPK در سه سطح F_1: (180N-120P-100K)، F_2: (140N-90P-80K) و F_3: (90N-60P-40K) کیلوگرم در هکتار در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. سطوح کودی بر مبنای آزمون خاک و توصیه کودی به صورت 35 درصد کمتر، توصیه کودی و 35 درصد مصرف کود بیشتر انتخاب شده‌اند. مزرعه انتخابی در سال‌های 92-1391 (سال اول آزمایش) به منظور تأمین بقایای طبیعی مورد استفاده در آزمایش کشت گردید و اعمال تیمارها در سال زراعی 93-1392 انجام شد. بر طبق نتایج آزمون خاک، بافت خاک سیلتی- لومی و pH 7/9، نیتروژن 0/071 درصد، فسفر 6/5 میلی‌گرم در کیلوگرم و پتاس 180 میلی‌گرم در کیلوگرم و کربن آلی خاک 0/75 درصد بود.

جهت اجرای عملیات آماده‌سازی ابتدا در اواسط پاییز زمین شخم زده و کرت‌بندی شد. طول هر کرت فرعی چهار متر و عرض آن 2/5 متر در نظر گرفته شد و محصولات زراعی نیز به این صورت کشت شدند، گندم (رقم چمران) با تراکم 450 بوته در مترمربع، کلزا (رقم هایولا) با تراکم 120 بوته در مترمربع، جو پابلند (رقم کارون) با تراکم 450 بوته در مترمربع در اواخر پاییز به صورت ردیفی کاشت و در زمان رسیدگی کامل برداشت شدند. ماشک علوفه ای در دی ماه و بر اساس تراکم 200 بوته در مترمربع کاشت و در مرحله 50 درصد گلدهی برداشت شد. کلیه محصولات زراعی کشت شده پس از محاسبه عملکرد بیولوژیک، دانه و کاه و کلش به طور کامل از سطح خاک کف بر شدند و پس از خرد کردن بقایای آن‌ها در تابستان 1392 به خاک برگردانده شدند. در کرت‌هایی جهت اعمال تیمارهای CR_4 و CR_5 تعیین شده بودند به ترتیب ماشک گل خوشه‌ای با تراکم 200 بوته در مترمربع و ماش رقم هندی با تراکم 20 بوته در مترمربع به صورت دست پاش در دو جهت عمود برهم در سطح زمین به صورت یکنواخت پخش و در مرحله قبل از گلدهی به خاک برگردانده شدند. در سال دوم آزمایش، گندم رقم چمران با تراکم 400 بوته در مترمربع در 1393/09/15 کاشته شد. هر کرت آزمایشی شامل 12 ردیف کاشت با فاصله 20 سانتی‌متر و عمق کاشت 5-3 سانتی‌متر بود. در طول دوره کشت علف‌های هرز به روش دستی حذف شدند و در طول دوره آزمایش آفات و بیماری مشاهده نشد. جهت اعمال تیمارهای کودی NPK از منبع کودی اوره، سوپرفسفات تریپل و سولفات پتاسیم در مقادیر تعیین شده استفاده شد. تمامی کودهای فسفر و پتاس و یک سوم کود اوره قبل از کاشت به خاک داده شد و کود اوره در به صورت دو بار سرک در مرحله ساقه رفتن و یک سوم مابقی در مرحله سنبله رفتن در سطح کرت‌ها پخش شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی محصول، تعداد 45 بوته از هر کرت آزمایشی به صورت تصادفی انتخاب و اجزاء عملکرد در تمامی تیمارها و برای هر سه تکرار تعیین گردید. در زمان برداشت به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای احتمالی، ردیف‌های کناری و یک متر از انتهای هر دو طرف کرت‌ها حذف و بقیه آن برای ارزیابی عملکردهای دانه و بیولوژیک از سطح خاک به وسیله داس کف بر شد. عملکرد دانه با جدا کردن بذرهای موجود در مساحت برداشت شده وزن کردن آن‌ها و بر اساس رطوبت 14 درصد محاسبه شد. عملکرد بیولوژیک به صورت (مجموع وزن خشک سنبله‌ها به علاوه وزن خشک کاه) محاسبه گردید و شاخص برداشت با تقسیم کردن عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک ضرب در صد تعیین شد. جهت تعیین درصد پروتئین دانه به روش کجلدال (Pourazari et al., 2011) اندازه‌گیری و در 6/25 ضرب شد.

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.2 صورت پذیرفت و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد و نمودارها با نرم‌افزار Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که بقایای گیاهان پیش کاشت و سطوح مختلف کودی اثرات معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم داشتند (جدول 1). مقایسات میانگین اثرات اصلی نشان داد که بیشترین عملکرد دانه گندم مربوط به تیمار CR_4: کاه و کلش گندم + ماش سبز بود که با تیمار CR_5: کاه جو + ماشک گل خوشه‌ای (کود سبز) تفاوت معنی‌داری نداشت. و کمترین عملکرد دانه مربوط به تیمار CR_8: حذف کامل بقایا بود و تفاوت معنی‌داری با تیمارهای CR_2: بقایای کلزا و CR_6: بقایای ماشک علوفه‌ای نداشت. عملکرد دانه گندم در تیمار کاربرد کاه و کلش گندم + ماش سبز 26 درصد افزایش عملکرد نسبت به تیمار بدون بقایا نشان داد.

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر بقایای گیاهی و سطوح مختلف کودهای شیمیایی پرمصرف بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for the effect of crop residue and NPK fertilizer levels on wheat yield and yield component

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per erea unit	تعداد دانه در سنبله Seed per spike	شاخص برداشت Harvest index	وزن هزار دانه 1000- Seed weight	درصد پروتئین Protein percentage	ارتفاع بوته Plant height
بلوک Block	2	102488.6^{ns}	744275.3^{*}	92.25^{ns}	4.01^{ns}	26.84^{ns}	4.49^{ns}	0.076^{ns}	7.097^{ns}
بقایای گیاهی (CR) Crop residue (CR)	7	2376302.6^{**}	6865278.5^{**}	5228.39^{**}	17.15^{**}	127.68^{*}	3.01^{ns}	0.137^{ns}	202.47^{**}
خطا a Error a	14	47957.23	178610.9	113.93	2.25	28.59	0.94	0.065	47.06
سطوح کودی (F) Fertilizer levels (F)	2	9556802.8^{**}	72947201.1^{*}	11900.51^{**}	274.18^{**}	32.76^{ns}	0.161^{ns}	21.46^{**}	1794.05^{**}
بقایا × کود CR × F	14	289168.2^{**}	750083.5^{**}	1612.08^{**}	6.03^{*}	39.98^{ns}	1.85^{ns}	0.133^{ns}	63.71^{ns}
خطا Error	32	36734.63	213972.7	478.86	2.78	17.33	0.716	0.0711	32.65
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	5.27	7.92	5.10	4.01	10.55	2.13	9.03	9.38

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار

*, ** and ns: Significant and non-significant at 5% and 1% respectively.

جدول ۲- مقایسات میانگین صفات اندازه‌گیری شده تحت اثر بقایای گیاهی و کودهای شیمیایی پرمصرف در گندم

Table 2- Effect of crop residue and NPK fertilizer levels on evaluated traits in wheat

بقایای گیاهی Crop residue	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg.ha^{-1})	تعداد سنبله در واحد سطح Number of spike per m^2	تعداد دانه در سنبله Seed per spike	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	وزن هزار دانه (گرم) 1000- Seed weight (g)	درصد پروتئین دانه Protein percentage	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)
گندم Wheat	4861.2^{bc*}	13240.8^{cd}	449.77^{ab}	41.62^{ab}	36.71^{b}	40.12^{a}	11.54^{a}	81.23^{abc}
کلزا Rape	4536.5^{cde}	12265.4^{ef}	451.45^{b}	42.17^{ab}	36.91^{b}	40.54^{a}	11.48^{a}	80.46^{bc}
جو Barley	5051.8^{b}	13495.2^{bc}	463.71^{a}	42.31^{ab}	37.42^{b}	40.42^{a}	11.59^{a}	82.77^{abc}
جو + ماشک گل خوشه‌ای (کود سبز) Barley residue + vetch (green manure)	5470.2^{a}	13872.6^{ab}	474.88^{a}	42.75^{a}	39.51^{a}	39.71^{a}	11.75^{a}	86.68^{ab}
گندم + ماش (کود سبز) Wheat + mungbean (green manure)	5680.6	14163.7^{a}	471.20^{a}	42.88^{a}	39.42^{a}	40.03^{a}	11.82^{a}	88.46^{a}
ماشک علوفه‌ای Vetch	4404.7^{de}	12140.6^{ef}	450.66^{b}	41.75^{ab}	36.27^{b}	39.52^{a}	11.63^{a}	80.22^{bc}
ماش Mungbean	4681.5^{cd}	12679.3^{de}	425.11^{bc}	40.33^{b}	36.92^{b}	40.21^{a}	11.77^{a}	77.35^{cd}
بدون بقایا No crop residue	4210.6^{e}	11751.2^{f}	409.90^{c}	38.70^{c}	35.82^{b}	39.63^{a}	11.42^{a}	72.88^{d}
سطوح کودی پرمصرف (کیلوگرم در هکتار) NPK Fertilizer rate (kg.ha^{-1})								
(180N-120P-100K)	5250.1^{a}	14150.9^{a}	471.30^{a}	43.50^{a}	37.10^{a}	39.75^{a}	12.61^{a}	89.36^{a}
(140N-90P-80K)	5188.2^{a}	13750.6^{b}	446.83^{b}	43.54^{a}	37.77^{a}	39.62^{a}	11.09^{b}	81.75^{b}
(90N-60P-40K)	4141.3^{b}	10951.5^{c}	426.75^{c}	37.66^{b}	37.81^{a}	38.90^{a}	10.81^{b}	72.08^{c}

* میانگین‌های دارای حروف مشترک در یک ستون در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن معنی‌دار نمی‌باشد.

* Means followed by the same columns are not significantly different at $p \geq 0.05$ level.

تیمارهای کاربرد بقایای جو + ماشک (کود سبز)، CR_3: کاربرد کاه و کلش جو، CR_1: کاه و کلش گندم، CR_2: بقایای کلزا، CR_6: بقایای ماشک علوفه‌ای و CR_7: بقایای ماش دانه‌ای به ترتیب با 23، 18، 14، 10، 7 و 7 درصد افزایش عملکرد دانه گندم در رتبه‌های بعدی قرار داشتند (جدول 2). بقایای کلزا به علت حجم کم و سرعت تجزیه زیاد و پیش کاشت ماشک علوفه‌ای به علت طول دوره رشد کوتاه و تولید ماده خشک کم و سرعت تجزیه زیاد بقایا اثر معنی‌داری در افزایش عملکرد دانه گندم نداشتند.

تیمارهای مخلوط کاه و کلش غلات و لگوم‌ها (کود سبز) به علت بالا بودن کیفیت بقایای گیاهی منجر به افزایش عملکرد گندم می‌شوند. لگوم‌ها به علت تثبیت نیتروژن و تأمین مواد غذایی آزاد شده برای گیاه و کاه و کلش غلات به علت بهبود ساختمان خاک و افزایش ماده آلی و افزایش نفوذپذیری و ذخیره رطوبتی خاک منجر به بهبود و افزایش عملکرد دانه گندم شدند.

اثر تیمارهای کودی بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. بین سطوح کودی F_1 با F_2 تفاوت معنی‌داری حاصل نشد ولی نسبت به سطح کودی F_3 افزایش عملکرد نشان دادند (جدول 2). بنابراین با توجه به وضعیت آب و هوایی و اقلیم و بافت خاک منطقه، دادن کود NPK بیشتر با توجه به ظرفیت کم گیاه برای استفاده از این عناصر، از لحاظ زراعی و اقتصادی مناسب نیست.

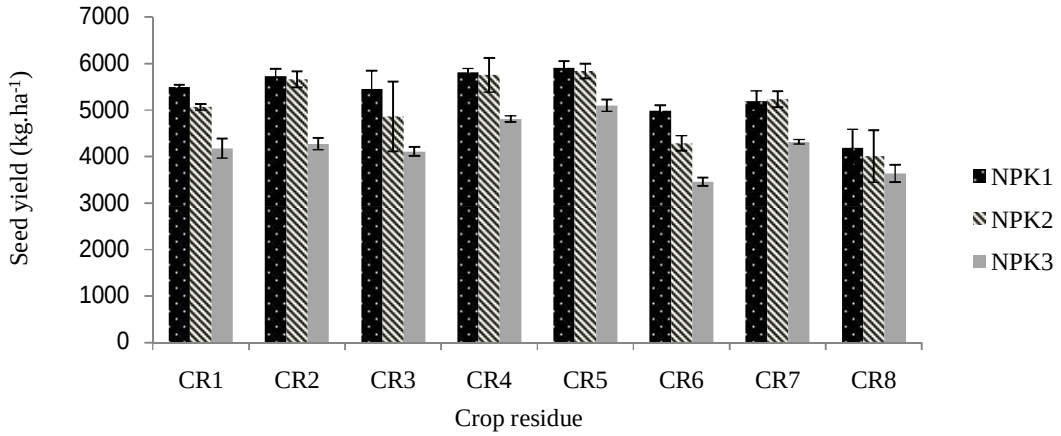
اثر متقابل بقایا و کود بر عملکرد دانه معنی‌دار شد. و عملکرد دانه گندم درسطح کودی F_2 در تیمار کاه و کلش گندم + کود سبز ماش به دست آمد که 25 درصد بالاتر از عملکرد گندم در تیمار بدون بقایا در سطح کودی F_1 بود (شکل 1). بنابراین افزایش مصرف کود NPK در تیمار بدون بقایا نتوانست عملکرد دانه گندم را به اندازه کاربرد کاه و کلش غلات + کود سبز لگوم افزایش دهد. این نشان می‌دهد که در صورت استفاده از بقایای مطلوب عملکرد کمتر تحت اثر نهاده‌های خارج از مزرعه مثل کودهای شیمیایی قرار می‌گیرد. و نهاده‌های طبیعی درون مزرعه با حفظ چرخه عناصر غذایی، افزایش فعالیت میکروبی خاک، برقراری تعادل بین جذب و انتقال عناصر غذایی ضروری، آزادسازی آهسته عناصر غذایی و منطبق با مراحل رشد گیاه منجر به افزایش عملکرد گندم می‌شوند.

در تحقیقی در مورد تأثیر مدیریت بقایا گیاهی مشخص شد که استفاده از 50 درصد کاه برنج (*Oryza sativa* L.) + کودسبز نسبت به سایر تیمارها (100 درصد کاه برنج، سوزاندن بقایای و حذف کامل آن‌ها) عملکرد دانه برنج را از طریق افزایش اجزای عملکرد آن افزایش معنی‌داری داد (Surekha et al., 2006). در پژوهشی بیشترین عملکرد دانه گندم در تیمار کاربرد بقایای گندم و سویا (*Glycine max* L.) در سطح کودی متوسط و در تیمار بدون بقایا از سطح کودی 25 درصد بالاتر از مصرف متداول NPK به دست آمد. ایشان در گزارش خود کاربرد بقایا را منجر به افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر توسط گندم دانستند (Aulakh et al., 2010). در پژوهشی در خاک‌های شور و سدیک مشاهده شد که استفاده از پنج تن کاه گندم همراه با افزودن کود نیتروژن، به علت کاهش شوری خاک و جذب عناصر ضروری k^+ و Ca^{2+} به جای عنصر Na^+ عملکرد برنج افزایش می‌یابد (Arshadullah et al., 2012).

عملکرد بیولوژیک

نتایج این آزمایش نشان داد که عملکرد بیولوژیک گندم تحت تأثیر بقایای گیاهی و سطوح مختلف کود کامل NPK تفاوت معنی‌داری نشان می‌دهد (جدول 1). بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار کاه و کلش گندم + ماش سبز بود که با تیمار کاه جو + ماشک گل خوشه‌ای (کود سبز) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار CR_8: بدون بقایا بود که با تیمارهای CR_2: بقایای کلزا، CR_6: بقایای ماشک و CR_7: بقایای ماش دانه‌ای تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول 2). وجود بقایای گیاهی در خاک موجب بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌شود و به این طریق سودمندی مصرف آب و نیتروژن را برای گیاه بعدی افزایش داده و موجب بهبود رشد و نمو و افزایش عملکرد گیاه بعدی می‌گردد.

بین سطوح مختلف کود کامل NPK از لحاظ عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری وجود داشت و بیشترین عملکرد بیولوژیک گندم از سطح کودی F_1 و کمترین آن مربوط به سطح کودی F_3 بود (جدول 2). به دلیل نقش کودهای نیتروژن و فسفر در افزایش رشد رویشی، پنجه‌زنی بیشتر، افزایش ارتفاع و تجمع ماده خشک در گیاه عملکرد بیولوژیک گندم افزایش یافت.



شکل 1- اثر متقابل بقایای گیاهان پیش کاشت و کود بر عملکرد دانه گندم

Fig. 1- Interaction of crop residue and fertilizer on seed yield of wheat

CR_1: کاه و کلش گندم، CR_2: بقایای کلزا، CR_3: بقایای جو، CR_4: بقایای جو + ماشک گل خوشه‌ای، CR_5: کاه و کلش گندم + کود سبز ماش، CR_6: بقایای ماشک علوفه‌ای، CR_7: بقایای ماش دانه‌ای و CR_8: بدون کاربرد بقایای گیاهی

CR_1: Wheat residue, CR_2: Rape residue, CR_3: Barley residue, CR_4: Barley residue+vetch, CR_5: Wheat residue+mungbean; CR_6: Vetch residue, CR_7: Mungbean residue and CR_8: No crop residue incorporation

NPK_1: 180N-120P-100K, NPK_2: 140N-90P-80K and NPK_3: 90N-60P-40K

میانگین‌های دارای دامنه هموشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌داری ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap range according to standard error.

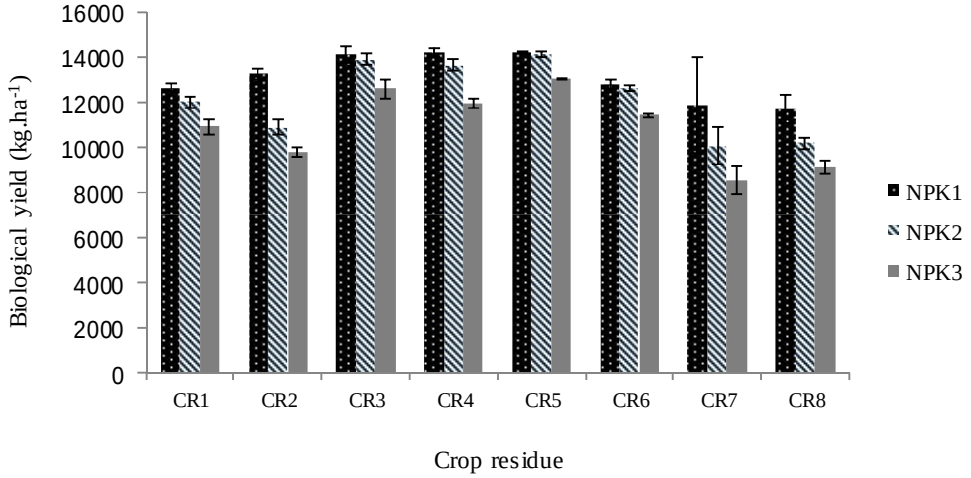
اثر متقابل بقایا و سطوح NPK بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد و بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تیمار کاه گندم + ماش سبز در سطح کودی F_1 و کمترین آن مربوط به تیمار حذف کامل بقایا در سطح کودی F_3 بود (شکل 2). برگرداندن کلش گندم و جو قبل از کاشت بقولات موجب می‌شود که بقایای کربن‌دار، نیتروژن قابل دسترس را محبوس کرده و بقولات را به تثبیت نیتروژن بیشتر تحریک می‌کنند، بنابراین باعث می‌شود که نیتروژن با ماده آلی خاک ترکیب شده و در طی سال‌های بعدی در تناوب به تدریج آزاد شود که منجر به افزایش عملکرد گیاهان در تناوب می‌شود.

در تحقیقی در سیستم تناوبی برنج- گندم بیشترین عملکرد بیولوژیک گندم از مصرف کودهای NPK، 30 درصد بالاتر از توصیه کودی به همراه برگشت بقایا به دست آمد (Verma et al., 2013). در بررسی عملکرد گندم دیم مشاهده شد که کاربرد 100 درصد بقایای گندم دیم به همراه اضافه کردن کود نیتروژن با افزایش کارایی مصرف آب موجب افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک دو رقم گندم دیم می‌شود (Sadeghi et al., 2008). در بررسی سه تناوب جو- جو، آیش- جو و جو- ماشک- جو به همراه برگشت بقایای گیاهان پیش کاشت بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک از تناوب جو- ماشک- جو گزارش شد (Martin-Ruedaa et al., 2009). در آزمایشی درخصوص واکنش ارقام گندم به کاربرد نیتروژن، بیشترین عملکرد دانه گندم را از کاربرد 160 $kg.ha^{-1}$ و بیشترین عملکرد بیولوژیک را در شرایط کاربرد 240 $kg.ha^{-1}$ گزارش کردند (Naseri et al., 2010).

تعداد سنبله در واحد سطح

بقایای گیاهی و سطوح مختلف کودهای NPK اثر معنی‌داری بر تعداد سنبله گندم در واحد سطح داشتند (جدول 1). بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح در تیمارهای کاه گندم + ماش (کود سبز) و کاه جو + ماشک گل خوشه‌ای (کود سبز) حاصل شد و کمترین تعداد سنبله در واحد سطح در تیمار حذف کامل بقایا به دست آمد.

کاه و کلش حاصل از گندم و جو در خصوصیات فیزیکی و ساختمان خاک و ماده آلی آن مؤثر است و لگوم‌ها به علت داشتن قابلیت تثبیت کنندگی ازت و فراهم آوردن عناصر غذایی ضروری جهت رشد گیاه منجر به بهبود وضعیت تغذیه‌ای و کارایی جذب بهتر عناصر شده که منجر به تولید پنجه‌های بارور بیشتر و افزایش این جزء عملکرد (تعداد سنبله در واحد سطح) می‌شوند.



شکل 2- اثر متقابل بقایای محصول پیش کاشت و کود بر عملکرد بیولوژیک گندم

Fig. 2- Interaction of crop residue and fertilizer on biological yield of wheat

CR_1: کاه و کلش گندم، CR_2: بقایای کلزا، CR_3: بقایای جو، CR_4: بقایای جو + ماشک گل خوشه‌ای، CR_5: کاه و کلش گندم + کود سبز ماش، CR_6: بقایای ماشک علوفه‌ای، CR_7: بقایای ماش دانه‌ای و CR_8: بدون کاربرد بقایای گیاهی

CR_1: Wheat residue, CR_2: Rape residue, CR_3: Barley residue, CR_4: Barley residue+vetch, CR_5: Wheat residue+mungbean; CR_6: Vetch residue, CR_7: Mungbean residue and CR_8: No crop residue incorporation

NPK_1: 180N-120P-100K, NPK_2: 140N-90P-80K and NPK_3: 90N-60P-40K

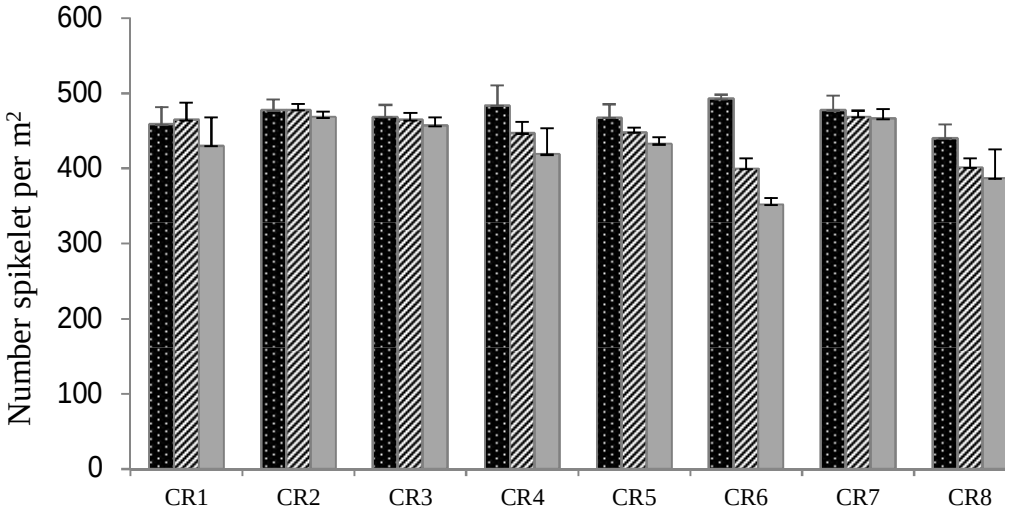
میانگین‌های دارای دامنه هموشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌داری ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap range according to standard error.

همچنین بیشترین تعداد سنبله در واحد سطح در سطح کودی F_1 و کمترین تعداد سنبله در واحد سطح در سطح کودی F_3 به دست آمد (جدول 2). عناصر پرمصرف (نیتروژن، فسفر و پتاس) از طریق افزایش دوام سطح برگ و بقای پنجه‌ها و به عبارت دیگر از طریق افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه باعث افزایش تولید ماده خشک گیاه شده و تعداد سنبله در واحد سطح افزایش می‌یابد. سایر محققین نیز رابطه بین افزایش تعداد سنبله در مترمربع را با افزایش مقادیر کودهای پرمصرف در گندم بررسی کردند (Shokhofa & Emam, 2008) و به این نتیجه رسیدند که افزایش سطوح کودهای معدنی تأثیر معنی‌داری بر افزایش عملکرد و اجزای عملکرد گندم در مقایسه با سطوح پایین‌تر کودی و شاهد داشت و منجر به افزایش تعداد سنبله در واحد سطح شد همچنین بسیاری از پژوهشگران اظهار داشتند که برگشت بقایا به خاک اثر معنی‌داری بر تعداد سنبله گندم در واحد سطح داشته و این اثر به میزان مصرف کود نیتروژنه در گندم بستگی دارد (Sadeghi et al., 2009). افزایش مقدار نیتروژن و فسفر در محیط رشد ریشه باعث تقویت سیستم ریشه‌ای و بهبود رشد گیاه و تولید پنجه‌های بارور در گندم و افزایش تعداد سنبله در مترمربع می‌شود (Khalid et al., 2004; Laghari et al., 2010).

اثر متقابل بقایا و کود بر تعداد سنبله در مترمربع معنی‌دار شد. بیشترین تعداد سنبله در مترمربع از تیمارهای CR_4: کاه و کلش گندم + ماش سبز و CR_5: کاه جو + ماشک (کود سبز) در سطح کودی F_2 به دست آمد. افزایش سطح کود نیتروژن از 90 کیلوگرم در هکتار به 180 کیلوگرم در هکتار در تیمار بدون بقایا باعث افزایش 36 درصدی تعداد سنبله در واحد سطح و در تیمار مخلوط کاه گندم و کود سبز ماش باعث افزایش 18 درصدی تعداد سنبله در واحد سطح شد (شکل 3). این نشان می‌دهد در صورت استفاده از بقایای با کیفیت مناسب مثل افزودن مخلوط کاه غلات و لگوم‌ها (کود سبز) عملکرد و اجزای عملکرد کمتر تحت تأثیر نهاده‌هایی مثل کودهای شیمیایی قرار می‌گیرند. زیرا بقایای آلی می‌توانند جذب سطحی فسفر را کاهش داده و در نتیجه دسترسی به فسفر را برای گیاهان افزایش دهند بنابراین، نیاز به افزودن کود فسفر در گیاه زراعی را کاهش می‌دهند، از طرف دیگر افزایش زیست‌توده میکروبی خاک به انتقال بهتر فسفر خاک

حاوی بقایای گیاهی کمک می‌کند (Aulakh et al., 2012; Eldewiny, 2006; Shahriar, 2009). همچنین اگرچه سوزاندن بقایای گیاهی نیز در کوتاه‌مدت منجر به افزایش پتاسیم می‌شود ولی در بلندمدت باعث آبشویی آن‌ها می‌گردد، این در حالی است که برگرداندن بقایای محصولات بعد از برداشت به خاک، مقادیر قابل توجهی پتاسیم قابل جذب برای گیاه فراهم می‌کند (Sadeghi et al., 2009; Dotaniya, 2013). حدود 70 تا 80 درصد از پتاسیم کل در بخش‌های رویشی غلاتی نظیر گندم و برنج باقی می‌ماند از این‌رو بازگرداندن کاه و کلش غلات به خاک اثر معنی‌داری بر چرخه پتاسیم در سیستم گیاه و خاک خواهد داشت (Cao et al., 2004; Fischer et al., 2002).



شکل 3- اثر متقابل بقایای گیاهی و عناصر پرمصرف بر تعداد سنبله در واحد سطح در گندم

Fig. 3- Interaction of crop residue and fertilizer on number spike per m^2 of wheat

CR_1: کاه و کلش گندم، CR_2: بقایای کلزا، CR_3: بقایای جو، CR_4: بقایای جو + ماشک گل خوشه‌ای، CR_5: کاه و کلش گندم + کود سبز ماش، CR_6: بقایای ماشک علوفه‌ای، CR_7: بقایای ماش دانه‌ای و CR_8: بدون کاربرد بقایای گیاهی

CR_1: Wheat residue, CR_2: Rape residue, CR_3: Barley residue, CR_4: Barley residue+vetch, CR_5: Wheat residue+mungbean; CR_6: Vetch residue, CR_7: Mungbean residue and CR_8: No crop residue incorporation

NPK_1: 180N-120P-100K, NPK_2: 140N-90P-80K and NPK_3: 90N-60P-40K

میانگین‌های دارای دامنه هموشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌داری ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap range according to standard error.

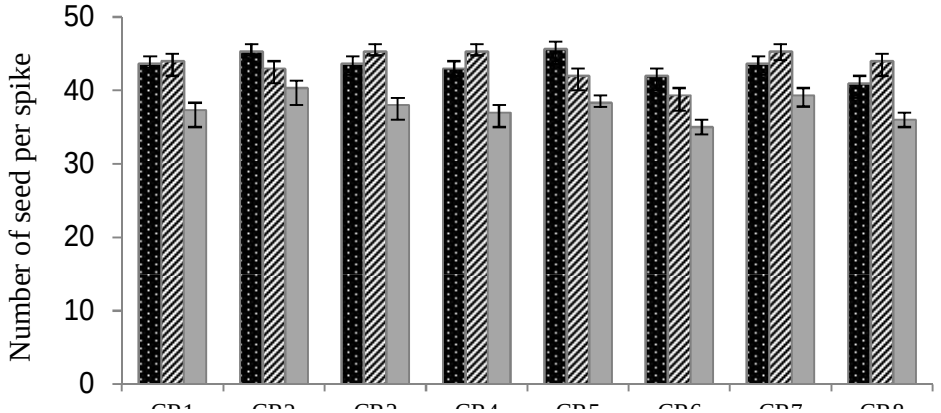
تعداد دانه در سنبله

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر بقایای گیاهی بر تعداد دانه در سنبله گندم معنی‌دار بود (جدول 1). تیمار کاه گندم + ماش سبز هر چند به صورت غیرمعنی‌داری با سایر تیمارهای حاوی بقایا باعث افزایش تعداد دانه در سنبله گردید. کمترین تعداد دانه در سنبله در تیمار حذف کامل بقایا حاصل شد (جدول 2). بالا بودن تعداد دانه در سنبله در تیمارهای ذکر شده ناشی از تأثیر مثبت برگشت بقایای گیاهی بر تولید بیشتر گلچه‌های بارور و دانه‌بندی بهتر در سنبله بود.

تیمارهای کودی F_1 و F_2 هر چند اثر معنی‌داری با یکدیگر نداشتند ولی نسبت به تیمار کودی F_3 تعداد دانه در سنبله را افزایش دادند (جدول 2). بنابراین دادن کود بیشتر نمی‌تواند تأثیری در باروری گلچه‌ها و متعاقب آن تعداد دانه در سنبله داشته باشد و میزان کودپذیری گیاه گندم با استفاده بیشتر از کودهای NPK تغییری نمی‌کند و بی‌تأثیر است. اثر متقابل کود و بقایا بر تعداد دانه در سنبله معنی‌دار بود و تعداد دانه بیشتر در تیمار CR_4 در سطح کودی F_2 نسبت به سطح کودی F_1 در تیمار CR_8 فقط ناشی از تأثیر بقایای غلات و لگوم‌ها بر عناصر موجود در خاک نیست بلکه بقایا گیاهی منجر بهبود ساختمان خاک و فعالیت میکروبی و تعادل عناصر غذایی ضروری در خاک و گیاه می‌شوند (جدول 2). متابولیسم کربن می‌تواند تأثیر بیشتری بر تعداد دانه و عملکرد دانه داشته باشد و کاهش تعداد

دانه به دلیل کمبود کاهش مواد پرورده کربنی است، در شرایطی که بقایای گیاهی به طور کامل از مزرعه خارج و حذف گردند کارایی استفاده از عناصر غذایی همچون فسفر، نیتروژن و پتاس به دلیل آبشویی، تصعید و عدم جذب توسط گیاه کاهش می‌یابد.

سایر گزاراشات نیز حاکی از آن است که حفظ بقایای گیاهی گندم همراه با کود نیتروژن سبب بهبود عملکرد گندم دیم از راه ازدیاد تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه می‌گردد (Sadeghi et al., 2009). در تحقیقاتی که به بررسی اثرات کودهای NPK بر اجزای عملکرد گندم پرداخته‌اند، دریافتند که تحت تأثیر سطوح مختلف NPK تغییرات تعداد دانه در سنبله به صورت خطی افزایش خواهد یافت اما مصرف بیش از حد بهینه کودهای شیمیایی تأثیر منفی یا کاهشی بر تعداد دانه در سنبله دارد (Naseri et al., 2010).



شکل 4- اثر متقابل بقایای محصول پیش کاشت و کود بر تعداد دانه در سنبله گندم

Fig. 4- Interaction crop residue and fertilizer on number seed in spike of wheat

CR_1: کاه و کلش گندم، CR_2: بقایای کلزا، CR_3: بقایای جو، CR_4: بقایای جو + ماشک گل خوشه‌ای، CR_5: کاه و کلش گندم + کود سبز ماش، CR_6: بقایای ماشک علوفه‌ای، CR_7: بقایای ماش دانه‌ای و CR_8: بدون کاربرد بقایای گیاهی

CR_1: Wheat residue, CR_2: Rape residue, CR_3: Barley residue, CR_4: Barley residue+vetch, CR_5: Wheat residue+mungbean; CR_6: Vetch residue, CR_7: Mungbean residue and CR_8: No crop residue incorporation

NPK_1: 180N-120P-100K, NPK_2: 140N-90P-80K and NPK_3: 90N-60P-40K

میانگین‌های دارای دامنه هموشانی یکسان بر اساس خطای استاندارد تفاوت معنی‌داری ندارند.

There are no significant differences between averages with similar overlap range according to standard error.

شاخص برداشت

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که تیمار کودی و اثر متقابل بقایا و تیمارکودی اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت گندم نداشت ولی اثر بقایای گیاهی بر این صفت معنی‌دار شد (جدول 1).

بیشترین شاخص برداشت از تیمار کاه و کلش گندم + ماش و کاه جو + ماشک گل خوشه‌ای به دست آمد (جدول 2). نسبت ماده خشک دانه به کل ماده خشک گیاهی در ارتباط بسیار نزدیکی با تعداد و فعالیت مقصدهای زایشی قرار دارد و از آن‌جا که این مقصدهای زایشی در ارتباط مستقیم با آهنگ رشد گیاه هستند بنابراین در نتیجه کمبود عناصر پرمصرف آهنگ رشد گیاه با تأثیر بر مقاصد زایشی باعث کاهش نسبت ماده خشک دانه به کل ماده خشک گیاهی می‌شود.

وزن هزار دانه

نتایج آزمایش نشان داد که وزن هزار دانه تحت تأثیر تناوب زراعی و تیمارهای کودی مورد آزمایش قرار نگرفت و تغییرات وزن هزار دانه در بین کلیه تیمارها در مقایسه با تعداد سنبله در واحد سطح و تعداد دانه در سنبله بسیار کمتر می‌باشد. عدم تغییر وزن هزار دانه در اثر بقایا و کود در برنج (Surekha et al., 2006) و در گندم (Shokhofa & Emam, 2008) گزارش شده است. که با یافته های پژوهش حاضر مطابقت دارد. در حالی‌که صادقی و همکاران (Sadeghi et al., 2009) گزارش کردند که اجزای عملکرد گندم از جمله وزن هزار دانه تحت تأثیر بقایا و کود نیتروژن قرار دارند و وزن

دانه بر تنظیم عملکرد جز فعال می‌باشد اما نسبت به دیگر اجزاء عملکرد از حساسیت کمتری برخوردار است.

در شرایط آب و هوایی اهواز و تنش گرمای انتهای فصل که منجر به کم بودن دوام سطح برگ و زرد شدن سریع برگ‌ها می‌شود طول دوره پرشدن کمتر تحت اثر فتوسنتز جاری گیاه قرار می‌گیرد و بیشتر متأثر از انتقال مجدد از ساقه و برگ‌ها است و گیاه با کاهش تعداد دانه سعی در تولید و حفظ دانه‌های سالم با وزن هزار دانه بالا دارد و موجب می‌شود که در سطوح کودی مختلف وزن هزار دانه ثابت بماند.

درصد پروتئین دانه

بر طبق نتایج حاصل از آزمایش اثر کودهای شیمیایی بر درصد پروتئین دانه گندم معنی‌دار شد، در حالی‌که اثر بقایا و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول 1). بیشترین درصد پروتئین دانه در سطح کودی F_1 به دست آمد، درحالی که بین سطح کودی F_2 و F_3 تفاوت معنی داری وجود نداشت. واکنش عملکرد دانه تا سطح معینی از نیتروژن بیشتر از واکنش پروتئین دانه می‌باشد، همین که نیتروژن بیشتر از این سطح مصرف گردد، گندم دیگر برای افزایش عملکرد از این نیتروژن مصرفی استفاده نخواهد کرد، بلکه نیتروزن اضافی را برای افزایش مقدار پروتئین دانه مورد استفاده قرار خواهد داد.

پروتئین دانه تحت اثر تیمار بقایای گیاهی قرار نگرفت (جدول 1) با توجه به این‌که جذب نیتروژن توسط گندم خصوصاً در اواخر فصل رشد می‌تواند نقش مؤثری در افزایش پروتئین دانه داشته باشد و به دلیل عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای بقایا از لحاظ پروتئین به نظر می‌رسد نیتروزن آزاد شده از بقایا صرف رشد سبزینه‌ای و تولید دانه شده است و نمی‌تواند نقش مؤثری در افزایش پروتئین دانه داشته باشد.

اثر متقابل بقایا و کود بر درصد پروتئین دانه گندم معنی‌دار نبود، با این حال در سطح کودی F_3 تیمار مخلوط بقایای کاه گندم و ماش (کود سبز) درصد پروتئین دانه بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشت ولی در سطح کودی F_1 تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای بقایای گیاهی وجود نداشت. نجفی‌نژاد و همکاران (Najafinezhad et al., 2009) اثر تناوب زراعی و مدیریت بقایای گندم را بر درصد پروتئین دانه ذرت (*Zea mays* L.) غیرمعنی‌دار گزارش کردند. همچنین در آزمایش سهرابی و همکاران (Sohrabi et al., 2014) برگرداندن بقایای گندم نقشی در افزایش عملکرد پروتئین دانه گندم نداشت ولی نسبت به تیمار سوزاندن بقایا درصد پروتئین دانه بیشتری در تیمار کودی 150 کیلوگرم در هکتار نیتروژن حاصل شد. در پژوهشی در خصوص گندم دوروم گزارش شد که افزایش کود نیتروژن از صفر تا 100 کیلوگرم در هکتار بر درصد پروتئین بی‌تأثیر بود و افزایش معنی‌دار درصد پروتئین در مصرف سطوح بالاتری از نیتروژن به دست آمد (Cuccie et al., 2009). پورآذری و همکاران (Pourazari et al., 2011) واکنش ژنوتیپ‌های زراعی گندم را نسبت به کود نیتروژن بسیار کمتر از ژنوتیپ‌های گندم پوشینه‌دار گزارش کرد.

ارتفاع بوته

ارتفاع بوته تحت تأثیر بقایای گیاهی و سطوح کودی پرمصرف قرار گرفت (جدول 1). بیشترین ارتفاع بوته از بقایای کاه گندم + ماش (کود سبز) در سطح کودی 180 کیلوگرم در هکتار نیتروژن و کمترین آن از تیمار بدون بقایا در سطح کودی 90 کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد. فرآیندهایی که در طی تجزیه بقایا در خاک انجام می‌شود باعث می‌گردد که گیاه بتواند حداکثر بهره لازم را از عناصر غذایی مورد نیاز، رطوبت و ساختمان بهتر خاک کسب نماید که موجب افزایش رشد رویشی، افزایش طول سنبله و ارتفاع بوته می‌گردد. بین تیمارهای کودی بیشترین ارتفاع بوته از سطح کودی F_1 حاصل شد که می‌تواند ناشی از اثر کود در افزایش طول و رشد میان-گره‌ها در گندم و رویشی بیشتر باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که خرد کردن و زیر خاک کردن بقایای گیاهان پیش کاشت در تناوب با گندم به منظور تجزیه بهتر و جلوگیری از اثرات آللوپاتی آن‌ها نسبت به حذف کامل بقایا منجر به افزایش و بهبود عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک گندم و اجزای عملکرد همچون تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله می‌شود این در حالی است که مخلوط بقایای کاه و کلش غلات و لگوم‌ها (کود سبز) اثرات به مراتب بهتری در افزایش عملکرد گندم دارد. به طوری‌که گیاهان لگوم با تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، ریشه‌های عمیق که منجر به بهبود خصوصیات فیزیکی خاک مثل تهویه، ساختمان خاک، نفوذپذیری و جذب عناصر و جلوگیری از تلفات آن‌ها و افزایش فعالیت میکروبی خاک باعث افزایش عملکرد

گندم می‌شوند به طوری‌که تجزیه آن‌ها نیاز غـذایی گیـاه در ابتـدای دوره رشد را تأمین و سپس با تجزیه کاه و کلش و آزادسازی عناصـر آن و بالا رفتن ماده آلی خاک نیاز رشدی گیاه در مراحل بعدی رشـد تأمین می‌شود. همچنین در این آزمایش عملکرد دانه گندم در سـطح کودی F_2 در تیمار افزودن مخلوط کاه و کلش گندم + کود سبز ماش بیشتر از عملکرد آن در سطح کودی F_1 در تیمار حذف کامل بقایا بود. بنابراین از نتایج آزمایش مشخص می‌شود که از آن‌جایی که غلات به تعادل عناصر غذایی و آزادسازی آهسته عناصر در خـاک نیـاز دارنـد اضافه کردن کودهای شیمیایی بدون برگشـت بقایـا اثـرات مفیـدی نخواهد داشت. بنابراین پیشنهاد می‌شود جهت افزایش تولید گنـدم و پایداری عملکرد آن به جای افـزایش مصـرف کودهـای شـیمیایی از ترکیب بقایای گیاهان پیش کاشت در تناوب بـا گنـدم و کـود سـبز لگوم‌ها استفاده شود.

منابع

Arshadullah, M., Ali, A., Hyder, S.I., and Khan, A.M. 2012. Effect of wheat residue incorporation along with N starter dose on rice yield and soil health under saline sodic soil. Journal of Animal and Plant Sciences 22(3): 753-757.

Aulakh, M.S., Manchanda, J.S., Garg, A.K., Kumar, S., Dercon, G., and Nguyen, M. 2013. Crop production and nutrient use efficiency of conservation agriculture for soybean- wheat rotation in the Indo-Gangetic Plains of Northwestern India. Soil and Tillage Research 120: 50-60.

Badaruddin, M., and Meyer, D.W. 1994. Grain legume effects on soil nitrogen, grain yield, and nitrogen nutrition of wheat. Crop Science 34: 1304-1309.

Bhattacharyya, R., Kundu, S., Prakash, V., and Gupta, H.S. 2008. Sustainability under combined application of mineral and organic fertilizers in a rainfed soybean- wheat system of the Indian Himalayas. European Journal Agronomy 28: 33-46.

Cao, R.X., Wang, Z.M., Tong, X.L., Li, G.H., and Zhao, H.J. 2004. Study on the utilization of straw potassium and chemical potassium in rice-wheat rotation system. Soils and Fertilizers 4: 23-26.

Cucci, G., and Lacolla, G. 2007. Effects of nitrogen, phosphorus and potassium rates on yield and quality on durum wheat in a two-year rotation. Italian Journal of Agronomy 1: 47-53.

Dotaniya, M. 2013. Impact of crop residue management practices on yield and nutrient uptake in rice-wheat system. Current Advances in Agricultural Sciences 5(2): 269-271.

Eldewiny, C.Y., Moursy, K.S., and Elaila, H.I. 2006. Effect of organic matter on the release and availability of phosphorous and their effects on spinach and radish plants. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 2(3): 103-108.

Fischer, R.A., Santiveri, F., and Vidal, I.R. 2002. Crop rotation, tillage and crop residue management for wheat and maize in the sub-humid tropical highlands I. Wheat and legume performance. Field Crops Research 79: 107-122.

Khalid, S., Shafi, M., Anwar, S., Bakht, J., and Khan, A.D. 2004. Effect of nitrogen and phosphorus application on the yield and yield components of wheat. Sarhad Journal Agriculture 20(3): 347-353.

Koocheki, R., Gholami, A., MahdaviDamghani, M., and Tabrizi, L. 2007. Organic Farming Handbook. Mashhad University Press, Mashhad, Iran 385 pp. (In Persian)

Laghari, G.M., Oad, F.C., and Tunio, S.H. 2010. Growth, yield and nutrient uptake of various wheat cultivar under different fertilizer regimes. Sarhad Journal Agriculture 26(4): 489-497.

Lenssen, A.W., Johnson, G.D., and Carlson, G.R. 2007. Cropping sequence and tillage system influences annual crop production and water use in semiarid Montana, USA. Field Crops Research 100: 32-43.

Lopez-Bellido, L., Fuentes, M., Castillo, J.E., and Lopez-Garrido, F.J. 1998. Effects of tillage, crop rotation and nitrogen fertilization on wheat-grain quality grown under rainfed Mediterranean conditions. Field Crops Research 57: 265-276.

Marraccini, E., Debolini, M., Di Bene, C., and Bonari, E. 2012. Factors affecting soil organic matter conservation in Mediterranean hillside winter cereals-legumes cropping systems. Italian Journal of Agronomy 7: 283-292.

Martin-Ruedaa, I., Muñoz-Guerraa, L.M., Yuntaa, F., Estebana, E., Tenoriob, J.L., and Lucenaa, J.J. 2009. Tillage and crop rotation effects on barley yield and soil nutrients on a Calciortidic Haploxeralf. Soil and Tillage Research 92: 1-9.

Miglierina, A.M., Iglesias, J.O., Landriscini, M.R., Galantini, J.A., and Rosell, R.A. 2000. The effects of crop rotation

and fertilization on wheat productivity in the Pampean semiarid region of Argentina. Soil and Tillage Research 53: 129-135.

Najafinezhad, H., Javaheri, M.A., Ravari, S., and Azad Sharaki, F. 2010. Effect of crop rotation and wheat residue management on grain yield of maiz and some soil properties. Seed and Plant 25: 247-260. (In Persian with English Summary)

Naseri, R., Mirzaei, A., Soleimani, R., and Nazabeygi, R. 2010. Response of bread wheat to nitrogen application in calcareous soils of Western Iran. American Euarasian Journal of Agriculture and Environmental Science 9(1): 79-85.

Pourazari, F., Ehsanzade, P., and Jahanbin, S. 2011. Response of hulled tetraploid wheats to nitrogen deficit stress in comparison to macaroni wheat. Iranian Journal of Field Crop Science 42(2): 285-294. (In Persian with English Summery)

Sadegi, H., Bohrani, M., Ronagi, M., and Ragof, M.J. 2008. The Effects of crop residue and nitrogen rates on grain yield and its components in two dryland wheat cultivars. Iranian Journal of Field Crop Science 4(2): 1-10. (In Persian with English Summery)

Shui, T., Ji-yun, J., Shao-wen, H., Shu-tian, L.I., and Ping, H.E. 2007. Effect of long-term application of K fertilizer and wheat straw to soil on crop yield and soil K under different planting systems. Agricultural Sciences in China 6(2): 200-207.

Shahriar, M.I. 2009. Effect of residue qualities on decomposition rates, soil phosphorous dynamics and plant phosphorous uptake. Italian Journal of Agronomy 7: 312-322.

Shokhofa, A., and Emam, Y. 2008. Effect of nitrogen fertilizer and plant growth regulators on yield of wheat (*triticum aestivum*). Journal of Agriculture Science and Technology 10: 101-108.

Sohrabi, S., Fateh, E., Aynehband, A., and Rahnama, A. 2014. Evaluation the effect of the residue management and different nitrogen sources on wheat yield and components. Journal of Agroecology 6(3): 645-655. (In Persian with English Summary)

Surekha, K., Pavan Chandra Reddy, K., Padma Kumari, A.P., and Sta Cruz, P.C. 2006. Effect of straw on yield components of rice (*Oryza sativa* L.) under rice-rice cropping system. Journal Agronomy and Crop Science 192: 92-101.

Verma, N.K., and Pandey, B.K. 2013. Effect of varying rice residue management practices on growth and yield of wheat and soil organic carbon in rice- wheat sequence. Global Journal of Science Frontier Research Agriculture and Veterinary Sciences 13(3): 32- 38.

Verhulst, N., Govaerts, B., Nelissen, V., Sayre, K., Crossa, J., Raes, D., and Deckers, J. 2011. The effect of tillage, crop rotation and residue management on maize and wheat growth and development evaluated with an optical sensor. Field Crops Research 120: 58-67.

Zhao, R.F., Chen, X.P., Zhang, F.S., Zhang, H., Schroder, J., and Romheld, V. 2006. Fertilization and N balance in a wheat-maize rotation system in North China. Agronomy Journal 98: 938-945.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 536-550

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 550-536

The Effect of Crop Residue and Different NPK Fertilizer Rates on yield Components and Yield of Wheat

F. Khamady[1*], M. Mesgarbashy[2], P. Hassiby[2], M. Farzaneh[3] and N. Enayatzamir[4]

Submitted: 29-10-2014
Accepted: 23-06-2015

Khamad, F., Mesgarbashy, M., Hassiby, P., Farzaneh, M., and Enayatzamir, N. 2017. The effect of crop residue and different NPK fertilizer rates on yield components and yield of wheat. Journal of Agriculture 8(4): 536-550.

Introduction

Integrated nutrient management involving crop residue/green manures and chemical fertilizer is potential alternative to provide a balanced supply of nutrients, enhance soil quality and thereby sustain higher productivity. The present experiment was undertaken to evaluate the effect of different crop residue management practices and NPK levels on yield components and yield of wheat.

Materials and methods

Field experiments were conducted during 2012-2014 at department of agronomy, Chamran University. Experiment was laid out in a randomized block designs in split plot arrangement. With three replications. Crop residues were assigned to main plot consistent CR_1: wheat residue; CR_2: rape residue; CR_3: barley residue; CR_4: barley residue + vetch; CR_5: wheat straw + mungbean; CR_6: vetch residue; CR_7: mungbean residue; CR_8: No residue incorporation as main plot and three NPK fertilizer rates: F_1: (180N-120P-100K kg.ha^{-1}); F_2: (140N-90P-80K kg.ha^{-1}); F_3: (90N-60P-40K kg.ha^{-1}) as sub plots. Twelve hills were collected at physiological maturity for measuring yield components from surrounding area of grain yield harvest area. Yield components, viz. number of spike per m^2, seed per spike, 1000- grain weight, plant height were measured. Grain and straw yields were recorded from the central 5 m^2 grain yield harvest area of each treatment and harvest index was calculated. Data were subjected to analysis by SAS and mean companions were performed using the Duncan multiple range test producer. Also, graphs were drawn in Excel software.

Results and discussion

The result of analysis variance showed significant difference between crop residues for evaluated traits. The result indicated that the highest biological and grain yield was obtained when wheat treated with CR_5: wheat straw + mungbean (green manure) and CR_4: barley straw + vetch (green manure). Biological and grain yield increased 31 and 26% respectively by CR_5 comparing with control. The highest grain and biological yield resulted from the treated plants with F_1 there was no difference among F_2 and F_1 fertilizer rate for grain yield of wheat. Also cereal straw + legume (GM) in CR_4 and CR_5 treatments in F_2 performed better than F_1 fertilizer in no residue treatment and Wheat grain yield under $F_2 \times CR_5$ treatments was 25% greater than under $F_1 \times CR_8$ treatments. The combined use of NPK fertilizer plays an important role in wheat production. Application of NPK in balanced share at proper time has great impact on wheat yield. In order to achieve higher crop production, balanced and integrated nutrient supply and proper management of soil fertility is essential. Application of crop residues/green manures along with suitable does of major nutrients for efficient growth of crop prevent the decline in organic carbon and also bridge up gap between potential and actual yield of wheat. Further, use of crop residue had favorable effect on physic chemical and biological properties of soil due to supply of macro and micro-nutrients to crop properly. Furthermore the decomposition and mineralization of crop residue is a slow process which could match the nutrient requirement of crop. The protein percentage, which is higher in CR_5 and CR_4 ,shows in whole crop residue treatments, the lowest valuable in F_3 and improves with the increase in fertilization researching the highest value with the rate F_1. No significant difference was observed between the

1, 2, 3 and 4- PhD student, Associate Professor, Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding and Assistant Professor, Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, Chamran University of Ahvaz, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: stu.agri@chmail.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.40656

rate F_2 and F_3; this would suggest a lower efficiency of the latter, at least for protein accumulation.

Increased wheat yield and component yield due to different crop residue incorporation and NPK rate were reported by Verhulst et al. (2011) and Aulakh et al. (2012).

Conclusion

Application of (140N- 90P- 80K) $kg.ha^{-1}$ and straw wheat along with mungbean and application straw barley + green manure was more effective than (180N- 120P- 100K $kg.ha^{-1}$) application in no residue incorporation on grain yield and based on this research findings, the use of good quality crop residue, can achieve high yield while saving in NPK fertilizer usage. The reaction yield is less affected by chemical input.

Keywords: Cereal straw, Legume green manure, Protein percentage, Rape residue, Vetch

References

Aulakh, M.S., Manchanda, J.S., Garg, A.K., Kumar, S., Dercon, G., and Nguyen, M. 2012. Crop production and nutrient use efficiency of conservation agriculture for soybean- wheat rotation in the Indo-Gangetic Plains of Northwestern India. Soil and Tillage Research 120: 50-60.

Verhulst, N., Govaerts, B., Nelissen, V., Sayre, K., Crossa, J., Raes, D., and Deckers, J. 2011. The effect of tillage, crop rotation and residue management on maize and wheat growth and development evaluated with an optical sensor. Field Crops Research 120: 58-67.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 551-566

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 566-551

تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

حمیدرضا فنایی[1*]، اقدس ازمل[2] و عیسی پیری[3]

تاریخ دریافت: 1394/02/20
تاریخ پذیرش: 1395/05/05

فنایی، ح.ر.، ازمل، ا.، و پیری، ع. 1395. تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 566-551.

چکیده

جهت بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمایی بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه پیام نور زابل در سال زراعی 92-1391 اجرا شد. رژیم آبیاری در سه سطح شامل: I_1: آبیاری در تمام مراحل رشد (شاهد) I_2: قطع آبیاری از زمان کاشت تا گلدهی و آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه I_3: آبیاری در مراحل روزت، ساقه رفتن، طبق‌دهی و قطع آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه؛ به عنوان کرت‌های اصلی و منابع کودی شامل، F_1: عدم مصرف کود شیمیایی (شاهد) F_2: مصرف خالص کود شیمیایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به ترتیب 99، 44 و 123 کیلوگرم در هکتار F_3: مصرف نیتروکسین (دو لیتر در هکتار) F_4: مصرف *ازتوباکتر* (دو لیتر در هکتار) F_5: مصرف نیتروکارا (100 گرم در هکتار) به عنوان کرت‌های فرعی بودند. نتایج نشان داد، عملکرد دانه در شرایط عدم تنش با میانگین 1539 کیلوگرم در هکتار نسبت به شرایط قطع آب در فاز رویشی (روزت، ساقه رفتن و طبق‌دهی) و قطع آبیاری در فاز زایشی (گلدهی و پرشدن) به ترتیب 27 و 45 درصد افزایش داشت. اگر چه در بین کودهای بیولوژیک از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود نداشت اما کود بیولوژیک نیتروکارا نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) 19 درصد افزایش نشان داد. با افزایش اثر شدت تنش میزان محتوی نسبی آب برگ نسبت به شاهد کاهش یافت به طوری‌که کمترین محتوی نسبی آب برگ در تیمار قطع آب در فاز رویشی مشاهده شد، اما با مصرف کودهای بیولوژیک روند تغییرات محتوی نسبی آب برگ افزایشی بود. اثر متقابل تنش خشکی و کود بیولوژیک بر عملکرد دانه معنی‌دار بود. به طور کلی، نتایج این پژوهش نشان داد که آبیاری در همه مراحل رشد به ویژه مراحل حساس به خشکی (گلدهی و پرشدن دانه) و استفاده از کودهای بیولوژیکی سازگار مانند نیتروکارا و نیتروکسین، تأثیر مثبت در بهبود عملکرد کمی و کیفی گلرنگ داشت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، شاخص برداشت، گیاه روغنی، محتوی نسبی آب برگ، نیتروکارا

مقدمه

تنش خشکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی است که 40 تا 60 درصد اراضی کشاورزی جهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Reddya et al., 2004). گیاهان از یکسری سازوکارهای مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی برخوردار هستند که به آن‌ها امکان سازگار شدن با خشکی را می‌دهد (Karkanis et al., 2011). گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) به دلیل داشتن ریشه‌های طویل، با توان جذب بالا از بخش‌های عمیق تر خاک به

1، 2 و 3- به ترتیب استادیار پژوهش بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی سیستان، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، زابل، دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه پیام نور زاهدان
(*- نویسنده مسئول: Email: Fanay52@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.46602

عنوان یک دانه روغنی مقاوم به خشکی به شمار می‌آید. این گیاه می تواند در مناطق با درجه حرارت پایین و سرد و خاک‌هایی با حاصلخیزی کم، رشد و نمو موفقی داشته باشد (Koutroubas & Papadoska, 2005). به طوری‌که استفاده از گلرنگ در شرایط نامناسب محیطی به جای گیاهانی مثل کلزا (*Brassica napus* L.)، سویا (Glycine *max* L.)، پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و... می‌تواند نقش مهمی در تأمین روغن مورد نیاز کشور، تناوب و الگوی کشت داشته باشد (Movahedi Dehnavi et al., 2006).

جباری اورنگ و عبادی (Jabbari Orange & Ebadi, 2012) گزارش کردند که آبیاری تکمیلی تأثیر معنی‌داری بر تعداد طبق، تعداد دانه در طبق، وزن خشک ساقه، عملکرد دانه، ضریب خاموشی، جذب تشعشع و محتوی کلروفیل در گلرنگ داشت. بهدانی و موسوی فر (Behdani & Mosavifar, 2011)، گزارش نمودند که با افزایش مدت زمان آبیاری از وزن خشک اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های گلرنگ کاسته شد. فنایی و ناروئی راد (Fanaei & Narouirad, 2014) و امیدی (Omidi, 2009) اعلام داشتند که تنش خشکی انتهای فصل (ظهور طبق‌ها و گلدهی) عملکرد دانه را از طریق تحت تأثیر قرار دادن صفات زراعی و اجزای عملکرد کاهش می‌دهد. محققین گزارش کردند که عملکردهای مطلوب در گلرنگ در شرایط عدم تنش و آبیاری در مراحل حساس رشدی به ویژه فاز زایشی گیاه به دست آمد (Movahedi Dehnavi et al., 2006). هر چه زمان اعمال تنش به مرحله گلدهی نزدیک‌تر باشد، اثر سوء بیشتری بر تعداد دانه در طبق خواهد داشت و اعمال تنش خشکی پس از پایان مرحله گلدهی و گرده افشانی، تأثیر اندکی بر تعداد دانه دارد و بیشتر باعث کاهش وزن هزار دانه می‌شود (Haghighatnia, 2011; Kafi & Rostami, 2007). راستی و همکاران (Rasti et al., 2014) طی بررسی تأثیر کودهای ارگانیک و شیمیایی بر شاخص‌های عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تنش خشکی گزارش کردند که تنش خشکی شدید (180 میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر) باعث کاهش محتوای نسبی آب برگ، عملکرد، اجزای آن و شاخص برداشت و افزایش اعداد کلروفیل متر شد.

کمیت و کیفیت گیاهان زراعی به خصوص دانه‌های روغنی تا حدود زیادی تحت تأثیر حاصلخیزی خاک و عناصر غذایی می‌باشد. بیشتر خاک‌های ایران به دلیل کمبود مواد آلی دارای سطوح پایین نیتروژن می‌باشند (Asadie et al., 2008). لذا تأمین نیتروژن از طریق کودهای شیمیایی، آلی و بیولوژیکی ضروری می‌باشد. اگرچه کودهای شیمیایی، سریع‌ترین راه برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌باشد و در کوتاه‌مدت سبب دستیابی به عملکرد بالا می‌شود، اما در بلندمدت سبب آلودگی منابع آبی و خاک، از بین رفتن ساختمان خاک، کاهش بازده محصولات کشاورزی می‌شود. کودهای بیولوژیک قادرند طی چندین فرایند زیستی، عناصر غذایی را از شکل غیر قابل استفاده به شکل قابل استفاده برای گیاه تبدیل کنند و کمبود و رفع نیاز غذایی گیاهان برای افزایش عملکرد را جبران نمایند (Aseretal, 2008). کودهای بیولوژیک نیتروکسین، نیتروکارا و *ازتوباکتر* به ترتیب حاوی مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم*، *آزورایزوبیوم* می‌باشد (Ansari & Rosta, 2008). سلمانی و همکاران (Salmani et al., 2010) اعلام داشتند که کود بیولوژیک نیتروکسین می‌تواند در کشاورزی پایدار به عنوان یک جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی در زراعت گندم (*Triticum aestivum* L.) مطرح باشد اما سیدی و رضوانی مقدم (Sayadei & Rezvani Moghaddam, 2011) اظهار داشتند که در شرایط نبود یا کمبود مواد آلی در خاک، نیتروکسین ممکن است کود بیولوژیک مناسبی جهت تولید گندم نباشد. مقیمی و یوسفی‌راد (Moghimi & Yousefi Rad, 2013) در گلرنگ، شریفی و حق‌نیا (Sharifei & Haghnia, 2007) در گندم و یوسف و همکاران (Youssef et al., 2004) در گیاه دارویی مریم گلی (*Salvia officinalis* L.)، اعلام داشتند که کود بیولوژیک نیتروکسین و استفاده از کود بیولوژیک حاوی *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر*، بر عملکرد، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام های هوایی گیاه تأثیر معنی‌دار داشتند. کومار و نارولا (Kumar & Narula, 1999) گزارش کردند که *ازتوباکتر* در ناحیه ریزوسفر می‌تواند نقش مؤثری در حل کردن فسفات و تولید هورمون ایندول استیک اسید داشته باشد و *آزوسپیریلیوم* نیز همانند *ازتوباکتر* می‌تواند علاوه بر تثبیت نیتروژن، هورمون‌های تحریک کننده رشد مانند جیبرلین و اکسین را تولید کند. ازتورک و همکاران (Ozturk et al., 2003) گزارش کردند که تلقیح بذرهای گندم با *آزوسپیریلیوم* به طور معنی‌داری منجر به افزایش تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، عملکرد دانه و محتوای پروتئین شد. فلاحی و همکاران (Fallahi et al., 2009) نیز به نقش مؤثر استفاده از کود بیولوژیک در افزایش معنی‌دار تعداد شاخه اصلی و نیز عملکرد بذر در بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) اشاره کردند.

میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2008) گزارش کردند که تلقیح بذر گلرنگ بهاره با باکتری آزادزی *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزا *Glomus intraradices* علاوه بر افزایش عملکرد دانه و روغن، موجب افزایش مقاومت در برابر عوامل نامساعد محیطی و بهبود کیفیت محصول می‌گردد.

با عنایت به وجود محدودیت‌های نظیر آهکی بودن، pH بالا، کم بودن ماده آلی خاک، تنش خشکی بالا و نامناسب و نامتعادل عناصر غذایی در منطقه به نظر می‌رسد با مدیریت مصرف آب و سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای، می‌توان شرایط را به گونه‌ای فراهم نمود که گیاه تحت آن شرایط، به پتانسیل بالقوه خود نزدیک‌تر شده و حداکثر عملکرد کمی و کیفی را تولید کند. این آزمایش با هدف مقایسه تأثیر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر عملکرد دانه، روغن و برخی صفات زراعی گلرنگ در شرایط تنش آبیاری اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقات کشاورزی دانشگاه پیام نور زابل (طول جغرافیایی 61 درجه و 29 دقیقه، عرض جغرافیایی 31 درجه و 2 دقیقه شمالی و ارتفاع 487 متر از سطح دریا) در سال زراعی 92-1391 اجرا گردید. نتایج تجزیه خاک مزرعه در جدول 1 ارائه گردیده است آزمایش به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. رژیم آبیاری در سه سطح شامل، I_1: آبیاری در تمام مراحل رشد (شاهد) I_2: قطع آبیاری از زمان کاشت تا گلدهی و آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه I_3: آبیاری در مراحل روزت، ساقه رفتن، طبق‌دهی و قطع آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه؛ به عنوان کرت‌های اصلی و منابع کودی شامل، F_1: عدم مصرف کود شیمیایی (شاهد) F_2: مصرف خالص کود شیمیایی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) به ترتیب 99، 44 و 123 کیلوگرم در هکتار F_3: مصرف نیتروکسین (دو لیتر در هکتار) F_4: مصرف *ازتوباکتر* (دو لیتر در هکتار) F_5: مصرف نیتروکارا (100 گرم در هکتار) به عنوان کرت‌های فرعی بودند. کود بیولوژیک *ازتوباکتر* شامل مجموعه‌ای از باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از جنس *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر* (تعداد سلول زنده در هر گرم (CFU): تعداد 10^8 ماده حامل از هر یک از جنس‌های باکتری) و کود بیولوژیک نیتروکسین حاوی مجموعه‌ای از مؤثرترین سوش‌های باکتری‌های تثبیت‌کننده از جنس *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر* و حل کننده فسفات از جنس *پسودوموناس* (تعداد سلول زنده در هر گرم (CFU): تعداد 10^8 ماده حامل از هر یک از جنس‌های باکتری) و کود بیولوژیک نیتروکارا حاوی باکتری *Azorhizobium caulinodans* و *آزوسپیریلیوم* و *ازتوباکتر* از باکتری‌های جدا شده از طبیعت (تعداد سلول زنده در هر گرم (CFU): تعداد 10^9 ماده حامل از باکتری) بودند که قبل از کاشت (بر اساس توصیه سازنده کود) به صورت تلقیح با بذر استفاده شدند (شرکت فن‌آوری زیستی مهر آسیا). پس از اطمینان کافی از اختلاط کامل بذرها با مایه‌های تلقیحی، به مدت یک ساعت در سایه خشک و سپس عملیات کاشت در کرت‌هایی شامل چهار خط به طول چهار متر و فاصله بین ردیف 50 سانتی‌متر در اول اسفندماه به صورت هیرم‌کاری انجام شد. جهت جلوگیری از نشت رطوبت، فاصله بین تکرارها سه متر و فاصله بین کرت‌ها 1/5 متر بود. بر اساس توصیه آزمایش خاک، 44 کیلوگرم فسفر بر مبنای (P_2O_5) در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل و 123 کیلوگرم پتاسیم بر مبنای (K_2O) از منبع سولفات پتاسیم در هکتار همزمان با آماده‌سازی زمین به خاک افزوده شد. 92 کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره در هکتار استفاده شد که 1/3 از آن قبل از کاشت و 2/3 باقیمانده در مرحله ساقه رفتن و طبق‌دهی استفاده شد. در مرحله 50 درصد گلدهی قبل از رفع تنش جهت اندازه‌گیری محتوی نسبی آب برگ از هر کرت آزمایشی جوان‌ترین برگ‌های بالغ جدا و بلافاصله به آزمایشگاه منتقل شد و وزن تر آن‌ها یاداشت گردید. سپس به مدت 24 ساعت در دمای آزمایشگاه و محیط کم نور داخل ظرف پتری‌دیش حاوی آب مقطر جهت آماس قرار گرفتند. برگ‌ها با کاغذ صافی خشک و با ترازوی حساس، وزن آماس سپس به داخل آون الکتریکی با دمای 70 درجه سانتی‌گراد منتقل و بعد از 24 ساعت، وزن خشک برگ‌ها با ترازوی حساس تعیین شد. محتوای آب آن‌ها تعیین گردید. محتوای آب نسبی برگ، با استفاده از معادله (1) محاسبه شد (Nahimie et al., 2014):

$$RWC(\%) = \left[\frac{(FW - DW)}{(TW - DW)}\right] \times 100 \qquad \text{معادله (1)}$$

در این معادله، FW: وزن تر برگ، DW: وزن خشک برگ و TW: وزن برگ در حالت آماس می‌باشد.

با قهوه‌ای شدن براکته‌های اطراف طبق، تعداد پنج بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و تعداد طبق در بوته شمارش شد. با انتخاب 10 طبق تصادفی از هر کرت نیز تعداد دانه در طبق تعیین شد. وزن هزار دانه با توزین چهار نمونه 250 تایی با ترازو با دقت

0/01 گرم مشخص گردید. به هنگام رسیدگی محصول، بوته‌های مربوط به سطحی معادل دو مترمربع با در نظر گرفتن اثرات حاشیه‌ای برای تعیین عملکرد دانه برداشت شد. قبل از جداسازی دانه از طبق‌ها، وزن کل بوته‌ها با ترازو توزین و عملکرد بیولوژیک محاسبه شد. درصد روغن به روش غیر تخریبی با دستگاه NMR مدل - H20-18 25A ساخت کشور کانادا در بخش تحقیقات دانه‌های روغنی کرج صورت گرفت. از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه عملکرد روغن محاسبه شد. داده‌ها و اطلاعات به دست آمده از آزمایش، با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C مورد تجزیه واریانس قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد انجام پذیرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil in experimental field

عمق نمونه‌برداری (سانتی‌متر) Sampling depth (cm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) $EC \times 10^3$ ($dS.m^{-1}$)	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	اسیدیته pH	پتاسیم قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Availabel K ($mg.kg^{-1}$)	فسفر قابل دسترس (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Availabel P ($mg.kg^{-1}$)	بافت Texture
0-30	4.2	0.33	0.03	8.2	145	8.2	لوم- شنی Sandy- loam

نتایج و بحث

اجزای عملکرد و عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر آبیاری و کود بیولوژیک بر تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، از لحاظ آماری معنی‌دار ($p\leq0/01$) بود (جدول 2). همچنین اثر برهمکنش آبیاری و کود بیولوژیک، بر وزن هزار دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول 2). از جدول مقایسه میانگین مشاهده می‌شود، بیشترین تعداد طبق در بوته در شرایط عدم تنش و کمترین مقدار این صفت با 42 درصد کاهش در شرایط تنش خشکی در دوره رویشی وجود داشت (جدول 3). کمبود رطوبت در طی مراحل رشد رویشی، به دلیل اثر نامناسب بر جذب آسیمیلات و کاهش عرضه مواد فتوسنتزی، سبب کمتر تمایز یافتن سلول‌های بنیادی مربوط به تعداد شاخه و کاهش تعداد طبق در بوته می‌گردد. به نظر می‌رسد که اثر تنش و مدت آن از کاشت تا شروع گلدهی نسبت به قطع آب در دوره زایشی بالاتر بوده است. کافی و رستمی (Kafi & Rostami, 2007) گزارش کردند که تنش شدید خشکی (قطع آبیاری در مرحله تشکیل طبق‌ها)، تعداد طبق در بوته را کاهش داد. باغخانی و فرحبخش (Baghkhani & Farahbakhsh, 2008) و محسن‌نیا و جلیلیان (Mosennia & Jalilian, 2012) کاهش تعداد طبق در بوته گلرنگ را به رشد رویشی کمتر گیاه تحت شرایط تنش در دوره رویشی نسبت دادند که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. همان‌طور که از جدول 4 استنباط می‌شود بیشترین تعداد طبق در بوته در تیمارهای کود بیولوژیک نیتروکارا و نیتروکسین و کمترین آن در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به دست آمد. به نظر می‌رسد که در شرایط همزیستی گیاه با میکروارگانیسم‌های داخل خاک از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد و مواد فعال بیولوژیکی، سبب افزایش در رشد رویشی گیاه و به تبع آن تعداد شاخه جانبی و کپسول در بوته می‌گردد (Shaalan, 2005). یاساری و پات واردهان (Yasari & Patwardhan, 2007) نیز افزایش در تعداد کپسول در دانه کلزا را در اثر تلقیح با کود بیولوژیک *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* ناشی از تولید و ترشح ترکیبات تحریک کننده رشد یا برخی هورمون‌های تنظیم کننده رشد توسط ریزجانداران در خاک اعلام که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

بر اساس نتایج حاصل از جدول 3 تعداد دانه در طبق در تیمار عدم تنش خشکی با 23 درصد افزایش نسبت به تعداد دانه در شرایط قطع آب در دوره زایشی برتری داشت (جدول 3). به نظر می‌رسد علت این کاهش، سقط گلچه‌های مولد دانه، تحت تأثیر کمبود رطوبت و افزایش اثر تنش در این شرایط باشد. حقیقت نیا (Haghighatnia,

2011)، کافی و رستمی (Kafi & Rostami, 2007)، جباری اورنگ و عبادی (Jabbari Orange & Ebadi, 2012) و فنایی و ناروئی‌راد (Fanaei & Narouirad, 2014) طی آزمایشات جداگانه گزارش کردند که کمبود آب در طی مراحل گلدهی و پرشدن دانه در گلرنگ سبب کاهش تعداد دانه در طبق می‌گردد که با نتیجه این آزمایش مطابقت داشت. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در بین منابع کود بیولوژیک و کود شیمیایی بیشترین تعداد دانه در طبق در کودهای بیولوژیک نیتروکارا، *ازتوباکتر* و نیتروکسین با حدود 12/5 درصد افزایش نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) به دست آمد (جدول 4). کودهای بیولوژیک نیتروکسین، نیتروکارا و *ازتوباکتر* که به ترتیب حاوی مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس *ازتوباکتر*، *آزوسپریلیوم* و *آزورایزوبیوم* می‌باشند، علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا در متعادل کردن جذب عناصرغذایی پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه و به تبع رشد و تولید اسیمیلات بیشتر در افزایش اندام‌های زایشی چون تعداد دانه در طبق نیز می‌توانند، موثر باشند (Ansari & Aseretal, 2008; Rosta, 2008).

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه گلرنگ تحت آبیاری و منابع کود

Table 2- Analysis of variance (mean of squares) of seed yield and yield components of safflower under irrigation and fertilizer resources

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	طبق در بوته Head per plant	دانه در طبق Seed per head	وزن هزار دانه 1000- Seed weigh	عملکرد دانه Seed yield
تکرار Replication	2	15.354*	1.867ns	0.588ns	7119.421ns
آبیاری (I) Irrigation (I)	2	243.311**	336.067**	923.315**	1853446.812**
خطای (a) Error (a)	4	1.646	1.833	0.110	13842.063
منبع کود (F) Fertilizer (F)	4	27.268**	32.089**	355.703**	90734.239**
آبیاری × منبع کود I × F	8	1.931ns	0.372ns	6.693**	5098.007*
خطای (b) Error (b)	24	1.296	0.0761	0.153	1661.080
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		7.29	2.28	0.85	3.49

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: Significant at the 5% and 1% probability levels and non significant, respectively.

جدول 3- مقایسه میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر آبیاری

Table 3- Mean comparisons of seed yield and yield components of safflower by irrigation

آبیاری Irrigation	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (گرم) 1000- Seed weight (g)	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	تعداد طبق در بوته No. of head per plant
I_1	1539a*	52a	43a	19a
I_2	1118b	48b	38b	1c
I_3	841c	37c	33c	16b

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون به روش دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means followed by similar letters in each column are not significantly according to DMRT.

I_1: آبیاری در همه مراحل (روزت، ساقه رفتن، طبق‌دهی، گلدهی و پرشدن دانه (شاهد)، I_2: قطع آبیاری از زمان کاشت تا گلدهی و آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه (تنش دوره رویشی) و I_3: آبیاری در مراحل روزت، ساقه رفتن، طبق‌دهی و قطع آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه (تنش دوره زایشی)

I_1: Irrigation in all stages (rosette, stem elongation, heading, flowering, and seed filling (control)), I_2: Stop irrigation from sowing time to flowering and irrigation in flowering and seed filling stages (stress in vegetative phase) and I_3: Irrigation in growth stages such as rosette, stem elongation, heading and stop irrigation in flowering, and seed filling stages (stress of reproductive phase)

جدول 4- مقایسه میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر منابع کود بیولوژیک

Table 4- Mean comparisons of seed yield and yield components of safflower by biological fertilizer resources

منبع کود Fertilizer resource	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن هزار دانه (گرم) 1000- Seed weight (g)	تعداد دانه در طبق No. of seed per head	تعداد طبق در بوته No. of head per plant
عدم مصرف کود (F_1) Non- fertilization	1021^{c*}	37^{d}	35^{d}	12^{c}
مصرف کود شیمیایی (F_2) Chimecal application	1104^{b}	42^{c}	37^{c}	14^{b}
مصرف نیتروکسین (F_3) Nitroxin application	1229^{a}	49^{b}	39^{b}	16^{a}
مصرف *ازتوباکتر* (F_4) *Azotobacter* application	1218^{a}	50^{ab}	39^{b}	16^{a}
مصرف نیتروکارا (F_5) Nitrokara application	1260^{a}	51^{a}	40^{a}	17^{a}

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون به روش دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

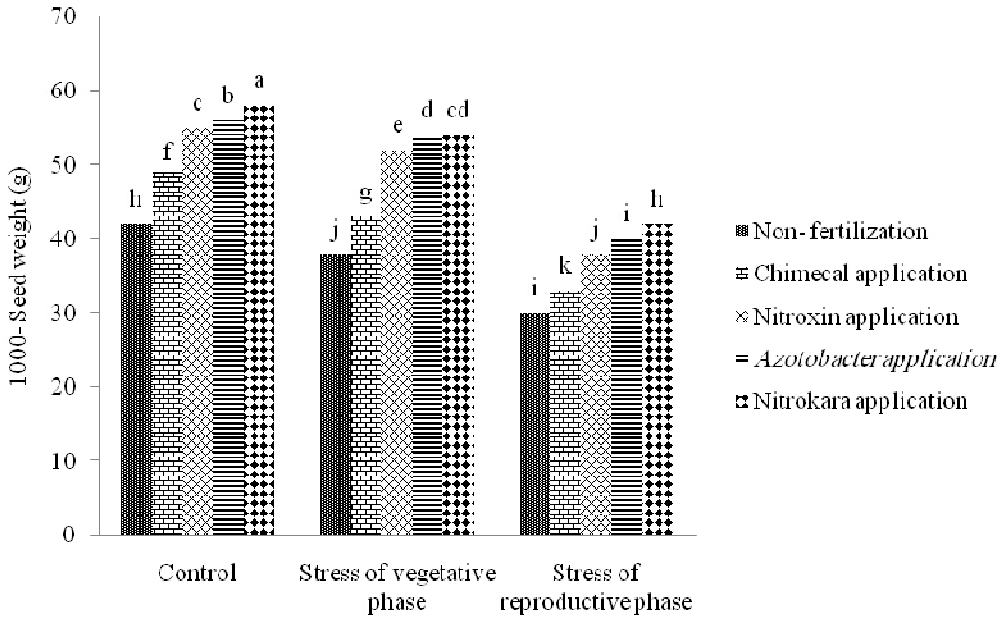
* Means followed by similar letters in each column are not significantly according to DMRT.

خرم دل و همکاران (Khorramdel et al., 2010) افزایش در تعداد دانه در کپسول سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) را در تلقیح با *آزوسپیریلیوم*، *ازتوباکتر* و میکوریزا ناشی از افزایش سطح فتوسنتزی گیاه، تغییر روابط هورمونی گیاه و توحیدی مقدم و همکاران (Toohidi Moghadam et al., 2007) در سویا به فراهمی نیتروژن و همچنین فراهمی سایر عناصر غذایی نسبت دادند.

شرایط عدم تنش خشکی با میانگین 52 گرم نسبت به شرایط قطع آب در دوره زایشی (گلدهی و پرشدن دانه) 29 درصد افزایش در وزن هزار دانه نشان داد (جدول 3). به نظر می‌رسد که تنش خشکی در این شرایط از طریق کاهش فتوسنتز جاری و کاهش سرعت و طول دوره پرشدن دانه سبب کاهش وزن دانه گردیده است. نتایج کافی و رستمی (Kafi & Rostami, 2007)، بهدانی و موسوی فر (Behdani & Mosavifar, 2011)، امیدی (Omidi, 2009)، حقیقت‌نیا (Haghighatnia, 2011) و فنایی و ناروئی‌راد (Fanaei & Narouirad, 2014) بر روی گلرنگ مبنی بر کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی، با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. بیشترین وزن هزار دانه در تیمار مصرف کود نیتروکارا که با تیمارهای *ازتوباکتر* و نیتروکسین اختلاف معنی‌دار نداشت، مشاهده شد و کمترین وزن هزار دانه در تیمار شاهد (عدم مصرف کود) به دست آمد. به نظر می‌رسد باکتری‌های موجود در این کودها می‌تواند بخش عمده‌ای از نیازهای ازتی گیاهان را تأمین کنند و با انحلال فسفات‌های نامحلول در خاک و تولید هورمون‌های طبیعی محرک رشد گیاه، سبب گسترش ریشه و باعث جذب بیشتر و بهتر آب و مواد غذایی توسط گیاه می‌شوند به طوری‌که پیامد این فرایندها افزایش سرعت و مدت فتوسنتز (Copetta et al., 2006)، راندمان انتقال مواد و تجمع ماده خشک به دانه و افزایش وزن هزار دانه و عملکرد دانه می‌باشد (Khorramdel et al., 2010). در برهمکنش آبیاری و کود بیولوژیک، بیشترین وزن هزار دانه در شرایط عدم تنش و نیتروکارا، با میانگین 58 گرم و کمترین با 48 درصد کاهش در شرایط قطع آبیاری در دوره زایشی و عدم مصرف کود به دست آمد (شکل 1).

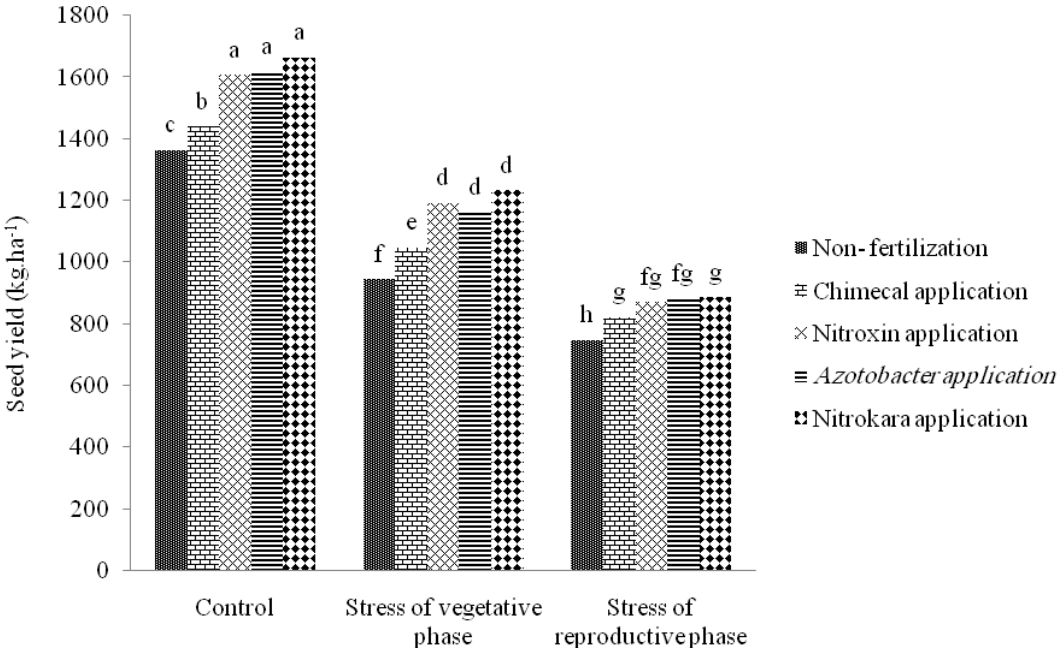
به نظر می‌رسد علاوه بر فراهمی رطوبت، تفاوت در میزان جمعیت میکروبی و انعطاف‌پذیری نژادهای باکتری از جهت هم‌یاری، آنتاگونیسمی، میکروفلور و مقدار مواد آلی خاک در این نتیجه افزایش وزن هزار دانه تأثیرگذار است. منابع کود بیولوژیک در شرایط مختلف محیطی می‌تواند عکس‌العمل متفاوتی را در محصولات مختلف ایجاد کند (Elwan & Abd El-Hamed, 2011).

مقایسه میانگین داده‌ها در سطح ($p\leq0/05$) نشان داد که عملکرد دانه در شرایط عدم تنش با میانگین 1539 کیلوگرم در هکتار نسبت به شرایط قطع آب در فاز رویشی و قطع آبیاری در فاز زایشی به ترتیب 27 و 45 درصد افزایش داشت (جدول 3). کاهش عملکرد دانه می‌تواند به دلیل کاهش اجزای عملکردی چون تعداد طبق در بوته در شرایط قطع آب در فاز رویشی و تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه به دلیل اثرپذیری بالای آن‌ها از کمبود آب در فاز زایشی باشد.



شکل 1- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کود بر وزن هزار دانه گلرنگ

Fig. 1-Mean comparison for intraction effect of irrigation and fertilizer on 1000- seed weight of safflower



شکل 2- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کود بر عملکرد دانه گلرنگ

Fig. 2- Mean comparison for intraction effect of irrigation and fertilizer on seed yield of safflower

محققینی چون حقیقت‌نیا (Haghighatnia, 2011)، کافی و رستمی (Kafi & Rostami, 2007)، جباری اورنگ و عبادی (Jabbari Orange & Ebadi, 2012)، نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi Darbaghshahi et al., 2004) و فنایی و ناروئی‌راد (Fanaei & Narouirad, 2014)،کاهش عملکردانه گلرنگ را با قطع آب در فاز زایشی (گلدهی به بعد) گزارش که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. بیشترین عملکرد دانه تولیدی در تیمار مصرف کود بیولوژیک نیتروکارا که با تیمارهای *ازتوباکتر* و نیتروکسین اختلاف معنی‌دار نداشت، نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) 19 درصد افزایش داشت (جدول 4). به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای بیولوژیک چون نیتروکارا، نیتروکسین و *ازتوباکتر* در ارتباط با ریزوسفر گیاه اثرات مفیدی را بر رشد گیاه به دنبال داشته است (Kzilkaya, 2008). جذب مواد غذایی و فراهمی نیتروژن (Toohidi Moghadam et al., 2007)، تغییر روابط هورمون (Shaalan, 2005)، افزایش سطح فتوسنتز گیاه (Khorramdel et al., 2010)، افزایش سرعت و مدت فتوسنتز (Copetta et al., 2006) از جمله تأثیرات مثبت کودهای بیولوژیک است که سبب افزایش اجزای عملکرد (تعداد طبق، تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه) و نهایتاً عملکرد دانه در گیاه می‌شوند.

در تحقیق میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2008)، مقیمی و یوسفی‌راد (Moghimi & Yousefi Rad, 2013) در گلرنگ، خرم‌دل و همکاران، (Khorramdel et al., 2010) در سیاهدانه، شریفی و حق‌نیا (Sharifei & Haghnia, 2007) در گندم، افزایش عملکرد دانه با کاربرد کودهای بیولوژیک گزارش گردیده است. فاتما و همکاران (Fatma et al., 2006) طی تحقیقی روی گیاه دارویی مرزنجوش (*Majorana hortensis* L.) گزارش کردند که کودهای زیستی حاوی *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* می‌توانند جایگزین کود شیمیایی نیتروژنه در زراعت این گیاه شوند و ضمن کاهش هزینه‌های تولید ناشی از مصرف کود شیمیایی، از وارد شدن آسیب به محیط زیست نیز جلوگیری کنند. در اثر متقابل کود بیولوژیک و تنش خشکی، بیشترین عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و نیتروکارا، با 55 درصد افزایش، نسبت به شرایط تنش خشکی در دوره زایشی و عدم مصرف کود مشاهده شد (شکل 2). اگر چه بین سه کود بیولوژیک استفاده شده در این آزمایش در هر سه شرایط رطوبتی اختلاف معنی‌دار وجود نداشت، اما از لحاظ عددی کود بیولوژیک نیتروکارا بالاتر بود که این احتمال می‌تواند باشد که میزان سازگاری و انعطاف-پذیری جمعیت میکروبی حاصل از این کود در شرایط آبی و خاکی این منطقه که دارای محدودیت می‌باشند، بالاتر بوده اگرچه این برداشت نیاز به مطالعه بیشتری در آینده دارد. امیری فارسانی و همکاران (Amire Farsanei et al., 2014) گزارش کردند که مصرف کودهای بیولوژیکی از جمله نیتروکارا با افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی از طریق افزایش فعالیت و جمعیت میکروارگانیسم می‌توانند تنفس میکروبی خاک را افزایش دهند. پتانسیل تثبیت نیتروژن هوا و در اختیار قرار دادن آن به سیستم ریشه گیاه، باعث متعادل شدن جذب مواد اساسی مورد نیاز گیاه می گردد و با ترشح هورمون های محرک رشد چون اکسین موجب رشد و توسعه ریشه و قسمت های هوایی گیاه و افزایش میزان محصول در هر هکتار می گردد (Kumar & Narula, 1999).

عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد روغن، عملکرد روغن، و محتوی نسبی آب برگ

نتایج تجزیه آماری داده‌ها در جدول 5 نشان داد که اثر تنش خشکی و کود بیولوژیک بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد روغن و عملکرد روغن از لحاظ آماری معنی‌دار بود. همچنین اثر برهمکنش آبیاری و کود بیولوژیک، بر عملکرد روغن معنی‌دار بود (جدول 5). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها در جدول 6 نشان داد که قطع آب در فاز رویشی عملکرد بیولوژیک را نسبت به شاهد (آبیاری در همه مراحل رشد) 36 درصد کاهش داد. در حالی‌که شاخص برداشت در شرایط قطع آب در فاز رویشی افزایش 18 درصدی نسبت به شاهد و 42 درصدی نسبت به تنش در فاز زایشی نشان داد. محسن نیا و جلیلیان (Mohsennia & Jalilian, 2012) نیز کمترین تجمع ماده خشک را در شرایط قطع آب در مرحله رشد رویشی گلرنگ گزارش و عاملش را بالاتر بودن میزان خسارت ناشی از قطع آب در مراحل رشد سریع گیاه نسبت به اواخر مراحل رشد دانستند (Omidi, 2009). تنش خشکی در مرحله رشد رویشی از طریق کاهش شاخص سطح برگ باعث کاهش تولید ماده خشک و کاهش عملکرد بیولوژیک گیاه می‌شود. علت کاهش شاخص برداشت در فاز زایشی، افت بیشتر در اجزای عملکرد و نهایتاً عملکرد دانه در قیاس با

عملکرد بیولوژیک می‌تواند باشد. نادری درباغشاهی و همکاران (Naderi Darbaghshahi et al., 2004) اظهار داشتند شاخص برداشت معیاری از کارایی انتقال مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به دانه است. در تحقیقات این محققین تنش شدید خشکی در گلدهی باعث افزایش معنی‌دار شاخص برداشت نسبت به شاهد و دیگر سطوح تنش گردید که با نتیجه این تحقیق مطابق بود اما بهدانی و موسوی-فر (Behdani & Mosavifar, 2011) و راستی و همکاران (Rasti et al., 2014) تحت تنش خشکی شدید در گلرنگ کاهش شاخص برداشت را گزارش که با نتایج این آزمایش مطابقت نداشت. بیشترین عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در تیمارهای مصرف کودهای بیولوژیک مشاهده شد (جدول 6). به نظر می‌رسد فراهم بودن آب و عناصر غذایی، ناشی از فعالیت بیشتر باکتری‌های موجود در کودهای بیولوژیک رشد رویشی مطلوب گیاه و افزایش تجمع وزن خشک را به دنبال داشته است.خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2010) افزایش عملکرد بیولوژیک را در سیاهدانه تحت تأثیر کود بیولوژیک *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلیوم* و میکوریزا و شریفی و حق‌نیا (Sharifei & Haghnia, 2007) افزایش شاخص برداشت در گندم را تحت تأثیر مصرف کود زیستی نیتروکسین اعلام داشتند که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت.

نتایج حاصل از جدول مقایسه میانگین اثر تنش خشکی نشان داد که بیشترین درصد روغن در شرایط عدم تنش مشاهده شد که نسبت تیمار قطع آب در فاز زایشی 16 درصد بالاتر بود (جدول 6). کوتاه شدن طول دوره پرشدن دانه، ناشی از افزایش دما و تنش خشکی و تغییر در متابولیسم مواد کاهش در درصد روغن را می‌تواند به دنبال داشته باشد. اگر چه نتایج متفاوت از تأثیر تنش بر درصد روغن گزارش گردیده است. در مطالعات کافی و رستمی (Kafi & Rostami, 2007) در گلرنگ و جلیلیان و همکاران (Jalilian et al., 2012) در آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) تغییر در درصد روغن در شرایط تنش خشکی در فاز زایشی (گلدهی و پرشدن دانه) گزارش گردیده که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. بیشترین درصد روغن در تیمار مصرف کودهای بیولوژیک نیتروکارا و نیتروکسین به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) 23 و 20 درصد افزایش داشتند (جدول 6). تأمین بخش عمده‌ای از نیازهای ازتی گیاهان از طریق باکتری‌های موجود در کودهای بیولوژیک گزارش گردیده (Copetta et al., 2006)، که به نظر این فراهمی مناسب از نیتروژن در بهبود متابولیسم سنتز روغن تأثیرگذار باشد. با کاهش میزان آب مصرفی در فاز زایشی، عملکرد روغن 53 درصد در قیاس با شرایط شاهد کاهش یافت (جدول 6). کاهش عملکرد دانه و درصد روغن در شرایط تنش خشکی در فاز زایشی از گلدهی به بعد در کاهش عملکرد روغن سهیم می‌باشد. از مقایسه میانگین در جدول 6 مشاهده می‌شود که عملکرد روغن با مصرف کودهای بیولوژیک نیتروکارا و نیتروکسین، 35 و33 درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) برتری نشان داد. افزایش عملکرد روغن با کودهای بیولوژیک نیتروکارا و نیتروکسین می‌تواند ناشی از تأثیر این کودها در افزایش عملکرد دانه و درصد روغن باشد. لذا این افزایش منطقی می‌باشد. در تحقیقات میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2008) در گلرنگ و توحیدی مقدم و همکاران (Toohidi Moghadam et al., 2007) در سویا تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک، سبب افزایش عملکرد روغن گردید که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. در اثر متقابل تنش خشکی و کود بیولوژیک بیشترین عملکرد روغن در تیمار عدم تنش و نیتروکارا، با میانگین (460 کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که نسبت به تیمار قطع آب در فاز زایشی و عدم مصرف کود 69 درصد افزایش داشت (شکل 3).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی، کود بیولوژیک و بر همکنش آن‌ها بر محتوی نسبی برگ از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول 5). با افزایش اثر تنش میزان محتوی نسبی برگ نسبت به شاهد کاهش یافت (جدول 6)، به طوری‌که کمترین محتوی نسبی برگ در تیمار قطع آب در فاز رویشی مشاهده شد. افزایش مدت و شدت تنش در این کاهش تأثیر داشته است. کاهش در محتوی نسبی برگ تحت تنش خشکی توسط بهدانی و موسوی‌فر (Behdani & Mosavifar, 2011)، در گلرنگ، گزارش شده است. با مصرف کودهای بیولوژیک روند تغییرات محتوی نسبی برگ افزایشی بود، به طوری‌که در تیمار مصرف کود نیتروکارا مقدار محتوی نسبی برگ با میانگین (73 درصد) بالاترین بود و شاهد (عدم مصرف کود) کمترین مقدار این صفت را داشت (جدول 5). کوپتا و همکاران (Copetta et al., 2006) در مطالعه خود اعلام داشتند که کودهای بیولوژیک از طریق بهبود جذب و دسترسی به عناصر غذایی سبب افزایش راندمان مصرف آب می‌گردند.

جدول 5- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات کیفی، زراعی و فیزیولوژیک گلرنگ تحت آبیاری و منابع کود

Table 5- Analysis of variance (mean of squares) for some of agronomy, qualities and physiologic traits of safflower under irrigation and fertilizer resources

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد بیولوژیک Biologic yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد روغن Oil yield	درصد روغن Oil percent	محتوی نسبی آب برگ RWC
تکرار Replication	2	72295.55^{ns}	4.101^{ns}	354.429^{ns}	0.094^{ns}	1.356^{ns}
آبیاری (I) Irrigation	2	22228775.55**	456.419 **	167517.23**	58.083**	340.822**
خطای (a) Error (a)	4	128898.889	3.666	891.655	0.158	1.056
منبع کود (F) Fertilizer (F)	4	826381.11**	5.007*	22211.480**	51.345**	82.856**
آبیاری × منبع کود I × F	8	28856.11^{ns}	0.839^{ns}	1236.933**	0.194^{ns}	2.739**
خطای (b) Error (b)	24	19531.11	0.458	14.806	0.124	0.544
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		2.54	3.17	4.24	1.49	1.5

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیرمعنی‌دار

*, ** and ns: Significant at the 5% and 1% probability levels and non significant, respectively.

جدول 6- مقایسه میانگین برخی صفات زراعی،کیفی و فیزیولوژیک گلرنگ تحت آبیاری و منابع کود

Table 6- Mean comparisons some of agronomy, qualities and physiologic traits of safflower by irrigation and fertilizer resources

تیمار Treatment	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biologic yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار) Oil yield ($kg.ha^{-1}$)	درصد روغن Oil percent	محتوی نسبی آب برگ (درصد) Relative Water Crop (%)
آبیاری Irrigation					
I_1	6716^{a*}	22^{a}	391^{a}	25^{a}	73^{a}
I_2	4282^{c}	26^{a}	269^{b}	23^{b}	64^{b}
I_3	5506^{b}	15^{b}	181^{c}	21^{c}	71^{a}
منبع کود Fertilizer resource					
F_1	5064^{c}	20^{b}	214^{d}	20^{e}	66^{b}
F_2	5310^{b}	20^{b}	243^{c}	21^{d}	67^{b}
F_3	5665^{a}	21^{a}	295^{b}	23^{c}	71^{ab}
F_4	5688^{a}	21^{a}	320^{a}	25^{b}	71^{a}
F_5	5780^{a}	22^{a}	329 ^{a}	26^{a}	73^{a}

* میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون به روش دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

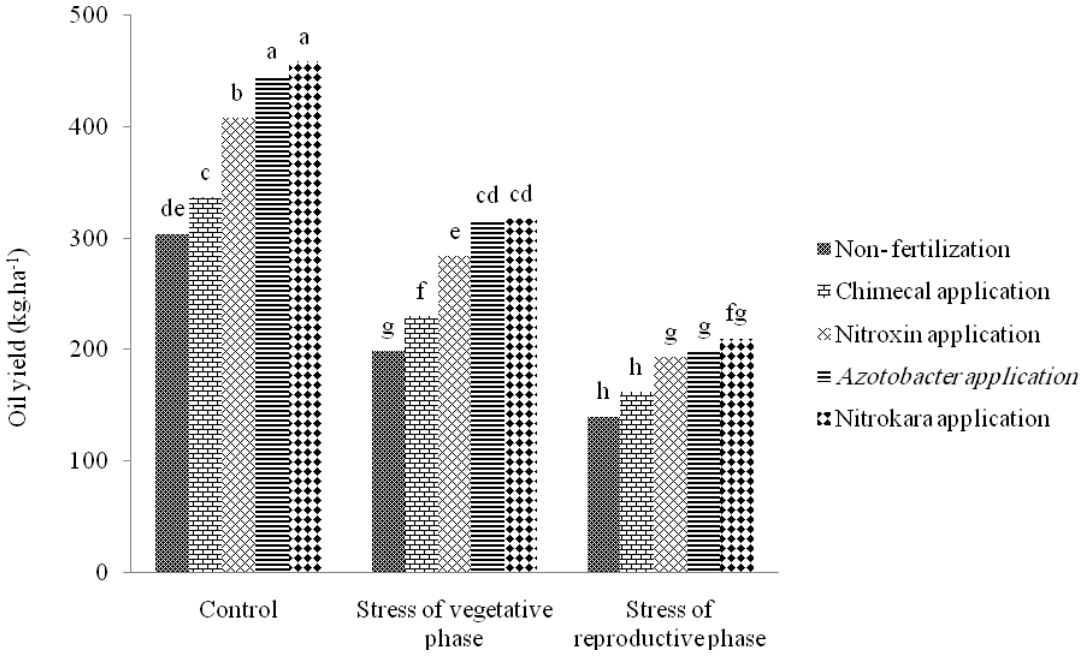
* Means followed by similar letters in each column are not significantly according to DMRT.

I_1: آبیاری در همه مراحل روزت، ساقه رفتن، طبق‌دهی، گلدهی و پرشدن دانه (شاهد)، I_2 : قطع آبیاری از زمان کاشت تا گلدهی و آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه (تنش دوره رویشی) و I_3 : آبیاری در مراحل روزت، ساقه رفتن، طبق دهی و قطع آبیاری در مراحل گلدهی و پرشدن دانه (تنش دوره زایشی)

I_1: Iirrigation in all stages (rosset, stem elongation, heading, flowering, and seed filling (control)), I_2: Stop irrigation from sowing to flowering and irrigation in growth stages flowering, and seed filling (stress of vegetative phase) and I_3: Irrigation in growth stages rosset, stem elongation, heading and stop irrigation in flowering, and seed filling (stress of reproductive phase)

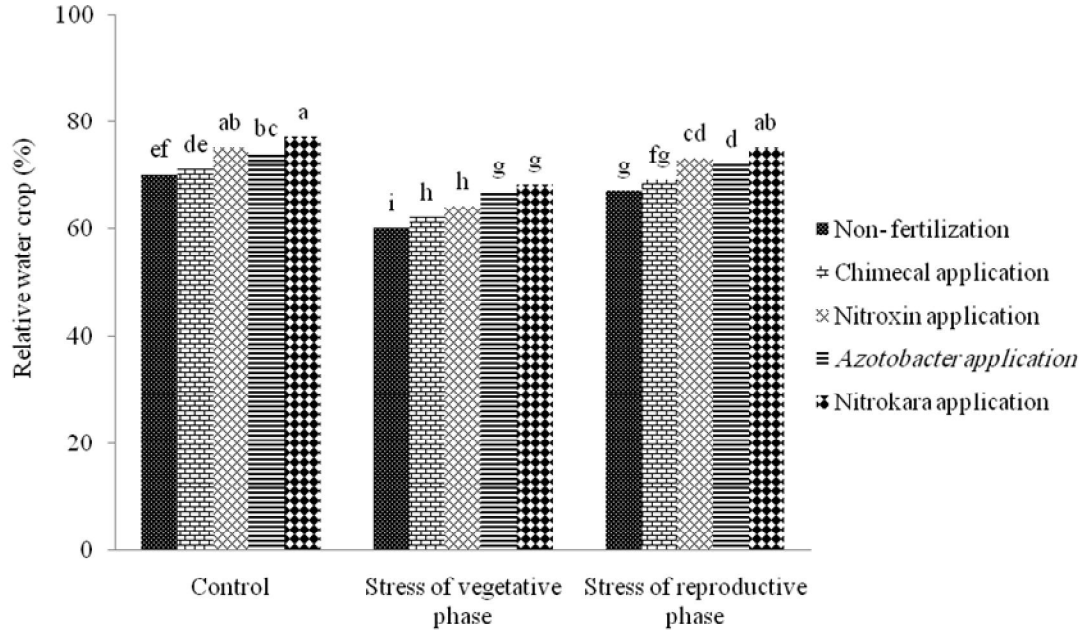
F_1: عدم مصرف کود، F_2 : مصرف کود شیمیایی، F_3 : مصرف نیتروکسین، F_4 :مصرف *ازتوباکتر* و F_5 :مصرف نیتروکارا

$F_{1:}$ Non- fertilization, $F_{2:}$ Chimecal application, $F_{3:}$ Nitroxin application, $F_{4:}$ *Azotobacter* application and $F_{5:}$ Nitrokara application



شکل 3- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کود بر عملکرد روغن گلرنگ

Fig. 3- Mean comparison for intraction effect of irrigation and fertilizer on oil yield of safflower



شکل 4- مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و کود بر محتوی نسبی آب برگ گلرنگ

Fig. 4- Mean comparison for intraction effect of irrigation and fertilizer on relative water crop of safflower

جدول 7- ضرایب همبستگی عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ تحت تاثیر آبیاری و منابع کود

Table 7- Correlation coefficients of seed yield and yield components of sufflower under effective irrigation and fertilizer resources

صفات Traits	دانه در طبق Seed per head	طبق در بوته Head per plant	وزن هزار دانه 1000- Seed weight	عملکرد دانه Seed yield
دانه در طبق Seed per head	1			
طبق در بوته Head per plant	0.44**	1		
وزن هزار دانه 1000- Seed weight	0.89**	0.32*	1	
عملکرد دانه Seed yield	0.95**	0.49**	0.83**	1

* و **: معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد

*and **: Significant at the 5% and 1% levels

برهمکنش آبیاری و کود بر محتوی نسبی آب برگ از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول 5). بیشترین محتوی نسبی آب برگ در تیمار عدم تنش و کود بیولوژیک نیتروکارا، با میانگین 77 درصد و کمترین با میانگین60 درصد در تیمار قطع آب در فاز رویشی و عدم مصرف کود به دست آمد (شکل 4). همان‌طور که از جدول 7 مشاهده می‌شود از بین اجزاء عملکرد تعداد دانه در طبق و وزن هزار دانه به ترتیب با ضرایب (r=0/95**) (r= 0/83**) بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد دانه داشتند که نشان بیشترین تأثیر بر عملکرد دانه از طریق تغییرات در این صفات اعمال گردیده است و افزایش این صفات باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد. فنایی و ناروئی راد (Fanaei & Narouirad, 2014) میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2008) وجود چنین روابطی در گلرنگ را گزارش کردند.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این آزمایش نشان داد که در شرایط این منطقه بالاترین خسارت ناشی از قطع آب در فاز زایشی از گلدهی به بعد بر عملکرد دانه وارد شد لذا تأمین نیاز آبی گلرنگ در مرحله رشد زایشی ضروری به نظر می‌رسد. کاهش آبیاری در مرحله رشد رویشی با تحریک ریشه دوانی در اعماق بیشتر خاک صرفه‌جویی در مصرف آب و استفاده حداکثری از منابع را در مراحل بعدی رشد به دنبال خواهد داشت. در بین تیمارهای کودی بیولوژیک بهترین نتیجه از جهت تأثیر مثبت در افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد روغن در دو کود بیولوژیک نیتروکارا و نیتروکسین به دست آمد. از این‌رو می‌توان این کودهای بیولوژیک را برای زراعت گلرنگ در منطقه مورد بررسی پیشنهاد کرد.

منابع

Amire Farsanei, F., Charm, M., and Zamier, A. 2014. The study of effect of biological fertilizer on respiratory variations in two types of texture soil under wheat cultivation. The 13th Iranian Soil Science Congress, Ahvaz, Iran, 28-30 Jan 2014, p. 22. (In Persian)

Ansari, P., and Rosta, M. 2008. Effect of biological fertilizer Nitroxin on some vegetative growth parameters of maize. The 1th National Conference on Management and Development of Sustainable Agriculture in Iran. Ahvaz, Iran 2008, p. 921. (In Persian)

Asadie, R., Asgharzadeh, K., Kharazmie, A., Rejalee, F., and Savahgabee, J.R. 2008. Soil of Biofertility a Suitable Method of Soil Sustainable in Agricultural. Jihad Daneshgahi publication, Tehran, Iran p. 328 (In Persian)

Aseretal, G.K. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.). Bioresource Technology 97(6): 98-109.

Baghkhani, F., and Farahbakhsh, H. 2008. Effects of drought stress on yield and some physiological characteristics of three varieties of safflower. Agriculture Resources Water, Soil and Agriculture Plants 8(2): 45-57. (In Persian with English Summary)

Behdani, M.A., and Mosavifar, B. 2011. Eeffect of irrigation deficit on dry matter of plant and Remobilization in three genotypes of spring safflower. Journal of Agroecology 3(3): 277-289. (In Persian with English Summary)

Copetta, A., Lingua, G., and Berta, G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. *var*. Genovese. Mycorrhiza 16: 485-494.

Elwan, M.W.M., and Abd El-Hamed, K.E. 2011. Influence of nitrogen form, growing season and sulfur fertilization on yield and the content of nitrate and vitamin C of broccoli. Science Horticulture 127(3): 181-187.

Fallahi, J., Koocheki, A., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yields of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. Iranian Journal of Field Crops Research 7(1): 127-135. (In Persian with English Summary)

Fanaei, H.R, and Narouirad, M.R. 2014. Study of yield, yield components and tolerance to drought stress in safflower genotypes. International Journal of Crop Production 7(3): 33 -51.

Fatma, E.M., El-Zamik, I., Tomader, T., El-Hadidy, H.I., Abd El-Fattah, L., and Seham Salem, H. 2006. Efficiency of biofertilizers, organic and in organic amendments application on growth and essential oil of marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous. Desert Research Center, Cairo, Egypt, 212-264.

Haghighatnia, S. 2011. Evaluation some of agronomic traits and yield of safflower under different irrigation regimes in Uromia. MSc thesis. Agricultural University of Urmia, Iran. (In Persian)

Hosseinpour, M., Pirzad, A., Habibi, H., and Fotokian, M.H. 2011. Effect of biological nitrogen fertilizer (*Azotobacter*) and plant density on yield, yield components and essential oil of anise. Knowledge of Agricultuer and sustainabel production 21/2(1): 205-216. (In Persian with English Summary)

Jabbari-Orange, J., and Ebadi, A. 2012. Responses of phenological and physiological stages of spring safflower to complementary irrigation. African Journal of Biological Technological 11(10): 2465-2471.

Jalilian, J., Moddares Sanavie, S.A.M., Saberyali, S.F., and Asilan, K.S. 2012. The combination effects of beneficial microbes and nitrogen on seed yield and seed quality traits under different irrigation regimes. Research Crops 26-34. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., and Rostami, M. 2007. Yield characteristics and oil content of three safflower (*Carthamus tinctorius*) cultivars under drought in reproductive stage and irrigation with saline water. Iranian Journal Field Crops Research 5: 121-132. (In Persian with English Summary)

Karkanis, A., Bilalis, D., Efthimiadou, A. 2011. Architectural plasticity, photosynthesis and growth responses of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* Medicus) plants to water stress in a semi-arid environment. Australian Journal Crop Science 5(4): 369-374.

Khorramdel, S., Koocheki, H.R., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2010. Effects of biological fertilizers on yield and components yield *Nigella sativa* medicinal plants. Iranian Journal of Field Crops Research 8(5): 758-766. (In Persian with English Summary)

Koutroubas, S.D., and Papadoska, D.K. 2005. Adaptation, seed yield and oil content of safflower in Greece. VI th International Safflower Conference, Istanbol 6-10 June p. 161-167.

Kumar, V., and Narula, N. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum* mutants. Biological and Fertility of Soils 28(3): 301-305.

Kzilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat *(Triticum aestivum)* inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33: 150-156.

Mirzakhani, M., Ardakani, M,R., Ayane, A.H., Shiranirad, A.H., and Rejalee, F. 2008. Effect of mycorrhizal and azotobacter inoculation, in levels of nitrogen and phosphorus on yield and seed yield components of spring safflower. Proceedings of the 10th Congress of Agronomy and Plant Breeding. Karaj, Iran, August p. 413. (In Persian)

Movahedi Dehnavi, M., Modaress sanavie, A.M., Soroshzadea, A., and Jalili, M. 2006. Changes proline, total soluble sugars, chlorophyll content and chlorophyll fluorescence in safflower cultivars under drought stress and spraying zinc and manganese. Desert Journal 9(1): 93-110. (In Persian with English Summary)

Mohsennia, O., and Jalilian, M. 2012. Effect of drought stress and fertilizer resources on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Agroecology 4(3): 235-245. (In Persian with English Summary)

Naderi Darbaghshahi, M., Mohammadi, G., Majidi, E., Darvish, F., Shiranirad, A., and Madani, H. 2004. Effects of drought stress and plant density on ecophysiological traits of three safflower lines in summer planting in Isfahan. Seed and Plant Improvement Journal 20(3): 281-296. (In Persian with English Summary)

Nahimie, M., Jabari, H., and Ghorbani, M. 2014. Workshop learn how to measure water relations in plants under drought stress. National Research Center of Medicinal Plants. Azad University of Ghods Town, Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Omidi, A.H. 2009. Effect of drought stress at different growth stages on seed yield and some agro-physiological traits of three spring safflower cultivars. Seed and Plant Production of Journal 25: 15-31.

Ozturk, A., Caglar, O., and Sahin, F. 2003. Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 166: 262-266.

Reddya, A.R., Chaitanya, K.V., and Vivekanandanb, M. 2004. Drought-induced responses of photosynthesis and antioxidant metabolism in higher plants. Journal Plant Physiologic 161: 1189-1202.

Salmani, A.G., Taheri, H., Ajamnorozi, Y., and Safarzad, H. 2010. The effect of different proportions nitroxin biological fertilizer and urea on yield and yield components of wheat. Fifth National Conference of New Ideas in Agriculture. Azad University of Khorasgan. (In Persian with English Summary)

Seyyedi, S.M., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. The study of yield, yield components and nitrogen use efficiency in the use of mushroom compost, biological fertilizer and urea in wheat. Journal of Agroecology 3(3): 309-319. (In Persian with English Summary)

Shaalan, M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of *(Nigella sativa* L.*)* plants. Egyptian Journal of Agricultural Research 83: 811-828.

Sharifei, Z., and Haghnia, G.H. 2007. Effect of fertilizer Nitroxin biological on wheat yield and yield components of Sabalan. Second National Conference on Ecological Agriculture in Iran p. 123. (In Persian)

Toohidi Moghadam, H., Ghoshche, R.F., Hamidie, A., and Kasraee, P. 2007. Effects of biological fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of varieties of soybean Williams. Iranian Journal of Agricultural Knowledge 4(2): 205-216. (In Persian with English Summary)

Yasari, E., and Patwardhan, M. 2007. Effects of *Azotobacter* and *Azospirillum* inoculants and chemical fertilizers on growth and productivity of canola (*Brassica napus* L.). Asian Journal of Plant Sciences 6(1): 77-82.

Youssef, A.A., Edris, A.E., and Gomaa, A.M. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annals of Agricultuer Science 49: 299-311.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 551-566

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 566-551

Effect of Biological and Chemical Fertilizers on Oil, Seed Yield and some Agronomic Traits of Safflower under Different Irrigation Regimes

H.R. Fanaei[1*], A. Azmal[2] and I. Piri[3]

Submitted: 10-05-2015
Accepted: 26-07-2016

Fanaei, H.R., Azmal, A., and Piri, I. 2017. Effect of biological and chemical fertilizers on oil, seed yield and some agronomic traits of safflower under different irrigation regimes. Journal of Agroecology 8(4): 551-566.

Introduction

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is a tolerant plant to water deficit due to long roots and capability for high water absorption from soil deeper parts. Safflower can growth successfully in regions with low soil fertility and temperature. Behdani and Mosavifar (2011) reported that drought stress affect on yield by reducing yield components and agronomic traits. Biofertilizer during a biological process chanced the nutrients from unusable to usable form for plants in soils (Aseretal, 2008). Mirzakhani et al. (2008) found that inoculation of seed with free-living bacterium azotobacter and a symbiotic fungus productive mycorrhiza addition to increasing oil and seed cause increasing resistance against two factors of unfavorable environmental and to improve quality of product. In order to study the effect of biological and chemical fertilizers on oil, seed yield and some of agronomic traits of Safflower under irrigation of different regimes an experimental design was conducted.

Materials and methods

In order to study the effect of biological and chemical fertilizers on oil, seed yield and some of agronomic traits of safflower under irrigation of different regimes an experiment was carried out split plot based on randomized complete block design (RCBD) with three replications in experimental farm of payame-Noor university of Zabol during 2012-2013 growing season. Irrigation regime in three levels include: I_1 (control) irrigation in all growth stages, I_2 stop irrigation from sowing to flowering (irrigation in growth stages flowering, and seed filling), I_3 irrigation in growth stages rosset, stem elongation, heading and stop irrigation in flowering, and seed filling were as main plots and fertilizer resources in five levels included: F_1 non application chemical fertilizer (control), F_2 pure application chemical fertilizer (NPK) 99, 44 and 123 kg.ha^{-1} respectively, F_3 Nitroxin application (2 L.ha^{-1}) F_4 Azotobacter application (2 L.ha^{-1}) and F5 Nitrokara application (100 g.ha^{-1}) were sub plots. Bio-fertilizers mixed with seeds before planting based on manufacturer's recommendations. Fertilizers were applied at ratio of 123 kg.ha^{-1} potassium based on (K_2O), of sulphatedipotash, 44 kg.ha^{-1} phosphor based on (P_2O_5) of super-phosphate triple respectively, (based on the results of above soil analysis) along with one-third of 99 kg.ha^{-1} pure N based on Urea prior to sowing. Other two-third of N was applied at the start stem and heading stages respectively. All other agricultural practices (weeds control and irrigation), were performed when they were required and as recommended for commercial safflower production. A random sample of five plants was selected from each plot in physiological ripening to estimate the different parameters. Data were analyzed by using Mstat-C statistical package (Mstat-C, Version 1.41, Crop and Sciences Department, Michigan State University, USA). Duncan Multiple Range Test was used to do mean comparisons.

Results and discussion

Analysis of variance showed that the effect of irrigation and fertilizer resources on yield, yield components, oil yield and RWC were significant. Results showed that seed yield in treatment non stress with mean 1539 than stop irrigation in vegetative phase (rosset, stem elongation, heading), and stop irrigation in reproductive phase (flowering, and seed filling) had increased 45 and 27 percent, respectively. High yield by increasing yield

1, 2 and 3- Research Assistant, Sistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, , AREEO, Zabol, Iran. Former MSc Student of Agronomy and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Payame-Noor, Zahedan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: Fanay52@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.46602

components under water supply reported by Behdani & Mosavifar, (2011). However there was no significant difference from aspect seed yield between biological fertilizers, but Nitrokara bio-fertilizer showed 19 percent increase than non-application - chemical fertilizer (control). Biofertilizer able during a biological process, chanced the nutrients from unusable to usable form for plants in soils. By increasing stress severity, leaf relative water content (RWC) than (control) irrigation in all growth stages decreased, so lowest RWC obversed when irrigation was cut in vegetative phase (rosset, stem elongation, heading). Increasing duration and intensity of stress had an impact on loweringRWC. Reduction in the RWC under drought stress by Behdani & Mosavifar, (2011), has been reported in safflower but with, application bio-fertilizers chances in RWC were increasing. Data analysis showed that interaction effect of bio-fertilizer treatment and drought stress on seed yield was significant.

Conclusion

In general, results of the present study revealed that irrigation in all growth stages, especially in stages sensitive to drought (flowering, and seed filling) and application of biological fertilizers adapted such as: Nitrokara and Nitroxin had positive effects in improving quantitative and qualitative yield of Safflower.

Keywords: Drought stress, Harvest index, Nitrokara, Oil plant, Relativity water crop

References

Aseretal, G.K. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.). Bioresource Technology 97(6): 98-109.

Behdani, M.A., and Mosavifar, B. 2011. Eeffect of irrigation deficit on dry matter of plant and Remobilization in three genotypes of spring safflower. Journal of Agroecology 3(3): 277-289. (In Persian with English Summary)

Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., Ayane, A.H., Shiranirad, A.H., and Rejalee, F. 2008. Effect of mycorrhizal and azotobacter inoculation, in levels of nitrogen and phosphorus on yield and seed yield components of spring safflower. Proceedings of the Tenth Congress of Agronomy and Plant Breeding. Karaj, Iran, August, 2008 p. 413. (In Persian)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 567-582

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 582-567

اثر دو گونه قارچ میکوریزا و سطوح مختلف اسیدهیومیک و کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان(*Helianthus annuus* L.)

حمیده ویسی[1]، غلامرضا حیدری[2*] و یوسف سهرابی[3]

تاریخ دریافت: 1394/03/24
تاریخ پذیرش: 1394/08/19

ویسی، ح.، حیدری، غ.ر.، و سهرابی، ی. 1395. اثر دو گونه قارچ میکوریزا و سطوح مختلف اسیدهیومیک و کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 582-567.

چکیده

کاربرد نهاده‌های شیمیایی در کشاورزی ممکن است از طریق اثرات منفی بر میکروارگانیسم‌های خاک، به کاهش حاصلخیزی آن منجر شود. در این رابطه تلاش‌های زیادی برای یافتن راه‌های مناسب به منظور ارتقاء کیفیت خاک و محصولات کشاورزی انجام شده است. یکی از این راهکارها به کار بردن کودهای آلی و کودهای زیستی می‌باشد. لذا به منظور بررسی اثرات قارچ میکوریزا در سطوح مختلف اسیدهیومیک و کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) (اوروفلور) این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان در سال زراعی 91-1390 اجرا گردید. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول کود شیمیایی شامل نیتروژن و فسفر در سه سطح صفر، 50 و 100 درصد (صفر درصد معادل عدم کاربرد کود، 50 درصد معادل 37/5 کیلوگرم اوره و 25 کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل و 100 درصد معادل 75 کیلوگرم در هکتار کود اوره و 50 کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل) که در کرت‌های اصلی جای گرفت و فاکتور دوم قارچ میکوریزا در دو سطح (*G. intraradices* و *G. mosseae*) و فاکتور سوم اسیدهیومیک در سه سطح صفر، هشت و 16 کیلوگرم در هکتار که در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. صفاتی که در این آزمایش اندازه‌گیری شدند شامل عملکرد دانه، ارتفاع ساقه، قطر طبق و تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و درصد روغن دانه بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل کود شیمیایی و میکوریزا بر درصد روغن، وزن هزار دانه و تعداد دانه در طبق معنی‌دار بودند. بیشترین درصد روغن دانه با کاربرد قارچ *G. mosseae* در سطح مصرف 100 درصد کود شیمیایی و کمترین درصد آن با کاربرد قارچ *G. intraradices* و بدون مصرف کود شیمیایی به دست آمد. اثر متقابل کود شیمیایی و اسیدهیومیک نیز بر صفات درصد روغن، وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه معنی‌دار بودند. اثر متقابل میکوریزا و اسیدهیومیک نیز بر وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق و عملکرد دانه معنی‌دار بود. سطح دوم اسیدهیومیک و قارچ *G. intraradices*، به طور معنی‌داری از بیشترین میزان عملکرد دانه برخوردار بود. اثر متقابل سه گانه کود شیمیایی، اسیدهیومیک و میکوریزا نیز بر درصد روغن، عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار بود. نتایج این پژوهش نشان داد که قارچ‌های مایکوریزا و سطوح مختلف اسیدهیومیک موجب افزایش درصد روغن، عملکرد و اجزای عملکرد می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: تعداد دانه در طبق، عملکرد دانه، فسفر، کودهای شیمیایی و درصد روغن

مقدمه

آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی جهت تولید روغن خوراکی در جهان است که در سطح وسیعی کشت می‌گردد. حدود هشت درصد از کل تولید روغن جهان به آفتابگردان اختصاص دارد (FAO, 2014). روغن آفتابگردان یک روغن خوراکی با کیفیتی عالی است و امکان مصرف آن در تمام فرآورده‌های خوراکی یعنی طباخی، روغن سالاد، مارگارین و روغن-های ترد کننده وجود دارد (Arshi, 1994). آفتابگردان به واسطه برخورداری از درصد بالای اسید چرب اولئیک (34 درصد) یک روغن طباخی برتر محسوب می‌شود. صنایع مارگارین سازی و روغن سالاد

1، 2 و 3- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، استادیار و دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان
(*- نویسنده مسئول: Email: g.heidari@uok.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.47563

از روغن‌های غیر اشباع که دارای اسید چرب لینولئیک بالا هستند، استفاده می‌کنند و روغن آفتابگردان با درصد بالای اسید چرب لینولئیک (56 درصد) از این نظر اولویت دارد (Arshi, 1994). نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی در دستیابی به عملکرد و کیفیت مطلوب در گیاهان زراعی است و در تشکیل پروتئین و نوکلئیک اسید بسیار مؤثر است. کمبود نیتروژن نسبت به سایر عناصر غذایی گیاه را با لطمه بیشتری مواجه می‌سازد و حال این‌که اکثر خاک‌های زراعی ایران به کمبود نیتروژن دچار هستند (Chen et al., 2003). فسفر بعد از نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر مورد نیاز برای تولید گیاهان زراعی است. ویژگی‌هایی از قبیل pH، مقدار ماده آلی خاک و نوع گیاه تعیین‌کننده شکل‌های مختلف فسفر در خاک است. فسفر نقش مهمی در متابولیسم پایه کربوهیدرات و سیستم انتقال انرژی ایفا می‌کند. از آن‌جایی که فسفر بخشی از ساختمان DNA، RNA، ATP و فسفو لیپیدهای غشایی را تشکیل می‌دهد، کمبود آن باعث کاهش قابل توجهی در فرآیندهای متابولیکی مرتبط با تقسیم سلولی، توسعه و گسترش سلول و تنفس و فتوسنتز می‌شود (Reddy et al., 2003). مطالعات یوهارت و آندرایید (Uhart & Andraide, 1995) نیز نشان داد که سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و دوام آن تحت تأثیر کاربرد کود نیتروژن قرار می‌گیرند به نحوی‌که در اثر افزایش نیتروژن خاک، سطح برگ افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه آن کارآیی مصرف نور افزایش می‌یابد که این عوامل به افزایش سرعت رشد محصول و عملکرد دانه منجر می‌شود. در یک بررسی دیگر افزودن مقادیر کود اوره افزایش وزن هزار دانه و تعداد دانه در خوشه را در یولاف (*Avena sativa* L.) و ارقام جو (*Hordeum vulgare* L.) سبب گردید (Lebaschi et al., 2000). ریشه گیاه و ریزوسفر، زیستگاه مناسبی را برای فعالیت بسیاری از میکروارگانیسم‌های مفید خاک فراهم می‌نمایند. همزیستی میکوریزایی از رایج‌ترین روابط همزیستی در گیاهان است و یکی از مهم‌ترین انواع میکوریزاها، میکوریزای آرباسکولار (AM)[1] می‌باشد که به عنوان یک نوع کود زیستی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی از اهمیت زیادی برخوردار است (Sharma & Johri, 2002; Nourbakhash & Hajabbasi, 1998). قارچ‌های میکوریزا از مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های موجود در بیشتر خاک‌های تخریب نشده می باشند، به طوری‌که حدود 70 درصد از توده زنده جامعه میکروبی خاک‌ها را میسیلیوم این قارچ‌ها تشکیل می‌دهد (Chamola & Mukergi, 2003). در یک بررسی، تأثیر میکوریزا بر جذب نیتروژن و فسفر در گیاه ذرت (*Zea mays* L. ssp. mays) حتی در شرایط تنش رطوبتی مثبت بود و جذب این عناصر را در گیاه افزایش داد ولی بر جذب پتاسیم تأثیری نداشت (Alizadeh & Alizadeh, 2011). آرینس و همکاران (Arienes et al., 1999) در یک مطالعه نشان دادند که میزان پروتئین در گیاهان شبدر میکوریزی افزایش می‌یابد. در این مطالعه گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا، از محتوای پرولین کمتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی برخوردار بودند.

اسیدهیومیک یکی از اجزاء اصلی مواد هیومیک است که به رنگ قهوه‌ای تیره می‌باشد. اسیدهیومیک مخلوط متراکم و کمپلکس اسیدهای آلی آروماتیک است. این ترکیب دارای گوگرد، منیزیم، نیتروژن و فسفر با درصدهای متفاوت و برخی از فلزات مانند کلسیم، منیزیم، مس، روی، و غیره می‌باشد (Nasotimiandoab et al., 2011). اسیدهیومیک میزان جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی دانه را افزایش می‌دهد (Vaughan & Malcom, 1985). اسیدهیومیک رشد ریشه گیاه را افزایش می‌دهد. اثر آن در رشد و نمو ریشه از طریق افزایش انشعابات ریشه است که باعث جذب بیشتر آب و عناصر غذایی و افزایش نفوذپذیری در ریشه می‌شود (Adani et al., 1998). نتایج آزمایشی روی ذرت نشان داد که کاربرد اسید هیومیک به میزان 4500 گرم در هکتار از طریق افزایش سطح برگ و دوام آن به افزایش عملکرد منجر می‌شود (Ghorbani et al., 2010). در چاودار (*Secale cereale* L.) نیز مصرف اسید هیومیک، وزن تر و خشک ریشه را افزایش داد (Atieh et al., 2002; Sharif et al., 2002). در آزمایشی دیگر، کاربرد اسیدهیومیک وزن خشک گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) و خیار (*Cucumis sativus* L.) را افزایش داد (Kolsarici, 2005). با توجه به مطالب فوق‌الذکر و به منظور بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا و اسیدهیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه ایستگاه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه کردستان (عرض جغرافیایی 47/18 درجه شرقی و 35/18 درجه شمالی با ارتفاع 1866 متری از سطح دریا) طی سال زراعی 91-

1 - Arbascular Mycorrhizal

1390 اجرا گردید. آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در زمینی به مساحت حدود 1600 مترمربع با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول کود شیمیایی شامل نیتروژن و فسفر در سه سطح صفر، 50 و 100 درصد (صفر درصد معادل عدم کاربرد کود، 50 درصد معادل 37/5 کیلوگرم در هکتار اوره و 25 کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل و 100 درصد معادل 75 کیلوگرم در هکتار کود اوره و 50 کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل) که در کرت‌های اصلی قرار گرفت. فاکتور دوم قارچ میکوریزا در دو سطح (*G. intraradices* و *G. mosseae*) و فاکتور سوم اسیدهیومیک در سه سطح صفر، هشت و 16 کیلوگرم در هکتار که در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. جهت اعمال تیمار گونه‌های میکوریزا از کود میکوریزایی با تراکم اسپور 120 عدد در هر گرم ماده حامل (کود دامی کاملاً پوسیده) به میزان هشت و 16 کیلوگرم در هکتار (بر اساس سطوح فاکتور سوم) استفاده شد. روش کاشت به صورت جوی و پشته‌ای و هر کرت مشتمل بر سه ردیف کاشت به فواصل 60 سانتی‌متر و طول شش متر بود. کاشت به روش هیرم‌کاری در اردیبهشت ماه و با دست صورت گرفت. در هر کپه سه بذر کاشته شد، سپس در مرحله چهار برگی به یک بوته تنک گردید. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی و طی سه مرحله انجام گرفت.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil

پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available K (mg.kg^{-1})	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Available P (mg.kg^{-1})	نیتروژن کل (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Total N (mg.kg^{-1})	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر) Electrical conductivity (mMos.cm^{-1})	میزان اشباع (درصد) Saturation level (%)	شن (درصد) Sand (%)	(درصد) سیلت Silt (%)	رس (درصد) Clay (%)
380	9.8	0.08	0.8	0.37	41.1	31.6	34	34.4

برای محاسبه صفات مورفولوژیک و اجزاء عملکرد آفتابگردان از جمله ارتفاع ساقه، قطر ساقه، قطر طبق وتعداد دانه در طبق تعداد 25 بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب گردید و میانگین آن‌ها برای هر صفت ثبت گردید. تعداد بوته‌های معادل چهار مترمربع بدون در نظر گرفتن حاشیه نیز برای تعیین عملکرد دانه در هنگام رسیدگی کامل طبق‌ها در نظر گرفته شدند. درصد روغن دانه به روش سوکسله اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری (9.3) Mstat-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار EXCEL انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که اثر اصلی گونه‌های قارچ میکوریزا در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود به طوری‌که کاربرد قارچ *G. intraradices* باعث افزایش ارتفاع ساقه نسبت به قارچ *G. mosseae* گردید (شکل 1). در یک بررسی ارتفاع ساقه تحت تأثیر کاربرد کود نیتروژن و قارچ میکوریزا نسبت به تیمار شاهد افزایش پیدا کرد (Rajabzadeh Motlagh et al., 2012).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که از لحاظ تعداد دانه در طبق اثر کود میکوریزا و اثر اسیدهیومیک و اثر متقابل کود شیمیایی در میکوریزا، کود شیمیایی در اسیدهیومیک و میکوریزا در اسیدهیومیک و اثر متقابل سه فاکتور کود شیمیایی، میکوریزا و اسیدهیومیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول 2). مقایسه میانگین حاصل از اثرات متقابل سطوح کودهای شیمیایی و گونه‌های قارچ میکوریزا نشان داد که گیاهان تحت تیمار عدم مصرف کود شیمیایی و کاربرد قارچ *G. mosseae* بیشترین تعداد دانه در طبق را دارا بودند. سطوح بالاتر کود شیمیایی اثر این قارچ را در افزایش تعداد دانه در طبق کاهش داد. کمترین تعداد دانه در طبق به تیمار سطح صفر درصد کود شیمیایی و سویه قارچ *G. intraradices* تعلق داشت (شکل 2)، که البته به طور کلی تیمارهای سطوح کود شیمیایی و قارچ *G. intraradices* اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند.

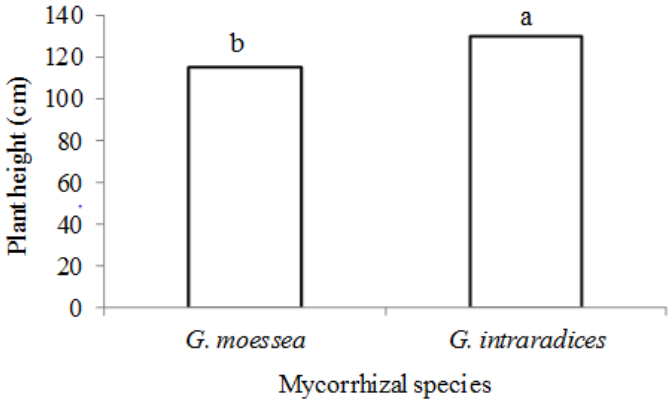
جدول2- میانگین مربعات برخی صفات کمی و کیفی آفتابگردان تحت تأثیر کاربرد سیستم‌های مختلف حاصلخیزی خاک

Table 2- Mean of squares for some quantitative and qualitative triats of sunflower as affected by different soil fertility systems

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	قطر طبق Head diameter	تعداد دانه در طبق Seed number per head	وزن هزار دانه 1000-Seed weight	عملکرد دانه Seed yield	روغن دانه Seed oil
تکرار Replication	2	1737.26^{ns}	9.04^{ns}	80.15^{ns}	3.87^{ns}	451.756^{ns}	12.757^{ns}
کود شیمیایی (C) Chemical fertilizer	2	488.41^{ns}	8.30^{ns}	223.56^{ns}	10.85^{ns}	1914.78**	39.225^{ns}
خطای a Error a	4	647.01	22.39	104.81	5.93	73.36	6.741
میکوریزا (M) Mycorrhiza	1	1392.37*	27.14^{ns}	1856.18**	183.34**	4970.88**	69.057^{ns}
میکوریزا × کود شیمیایی M×C	2	705.36^{ns}	7.35^{ns}	776.1**	51.58**	631.68^{ns}	82.942**
اسید هیومیک (H) Humic acid	2	359.33^{ns}	24.98^{ns}	379.71**	34.88**	7324.01**	15.53*
کود شیمیایی × اسیدهیومیک C×H	4	191.21^{ns}	10.57^{ns}	1157.83**	91.15*	1010.77**	46.435**
میکوریزا × اسیدهیومیک H×M	2	48.65^{ns}	3.75^{ns}	973.37**	101.7**	857.95*	3.027^{ns}
کودشیمیایی × میکوریزا × اسیدهیومیک H×M×C	4	314.41^{ns}	16.42^{ns}	2181.7**	223.26**	1540.87**	61.138**
خطای b b Error	30	279.54	16.73	68.28	4.1	232.56	3.805
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		14.02	18.15	5.01	3.31	8.90	4.43

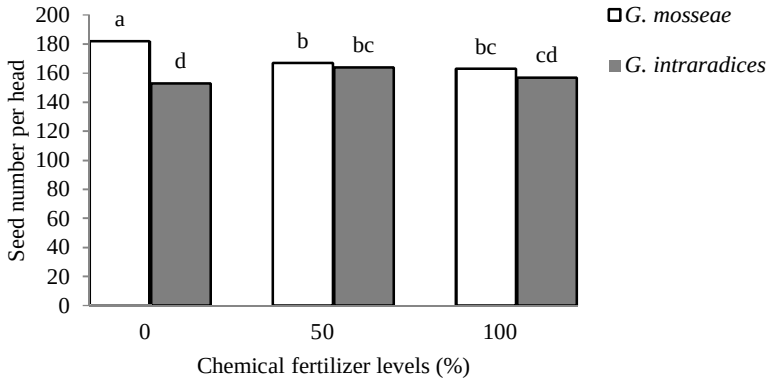
*، **و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

*, ** and ns: Indicate significance at the 0.05 and 0.01 probability levels and not significant, respectively.



شکل 1- مقایسه میانگین تأثیر گونه‌های قارچ میکوریزا بر ارتفاع بوته آفتابگردان

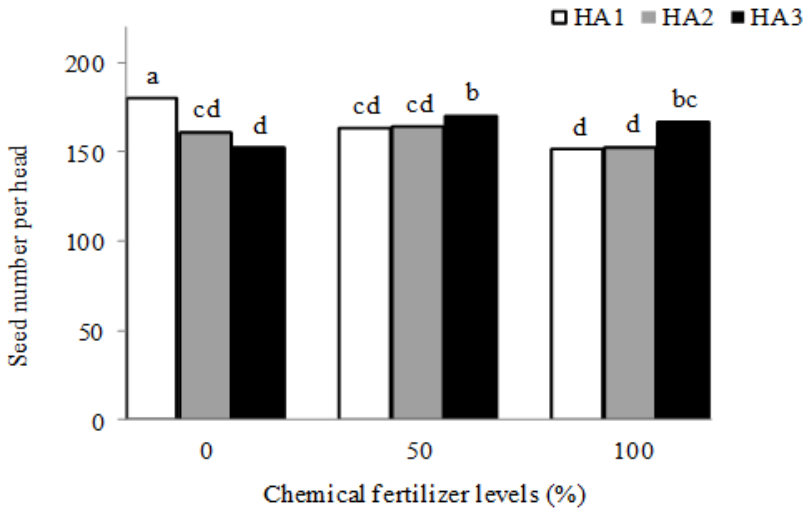
Fig. 1- Mean comparison for the effect of mycorrhizal fangi species on sunflower height



شکل 2- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و گونه‌های قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان

Fig. 2- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (nitrogen and phosphorous) and mycorrhiza species on seed number per head of sunflower

نتایج اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی و سطوح اسیدهیومیک گویای آن بود که بیشترین تعداد دانه در طبق در تیمار عدم کاربرد کود شیمیایی و عدم مصرف اسیدهیومیک به دست آمد. در شرایط مصرف 50 و 100 درصد کودهای شیمیایی، سطح سوم اسیدهیومیک از تعداد دانه در طبق بیشتری نسبت به سایر سطوح اسیدهیومیک برخوردار بود (شکل 3).



شکل 3- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و سطوح اسیدهیومیک بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان

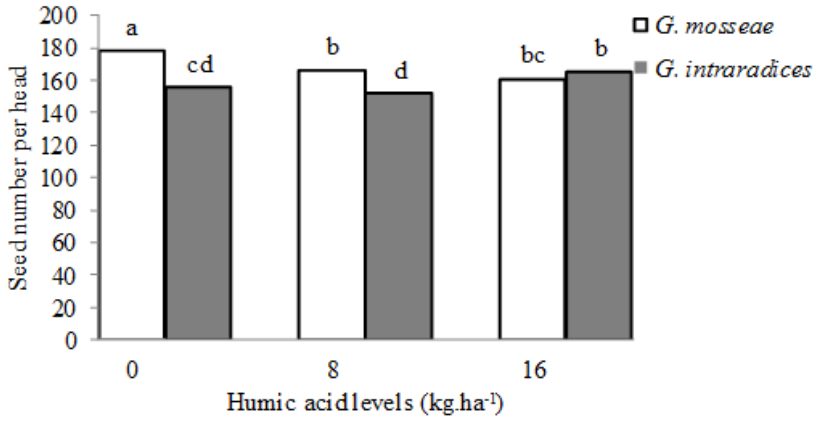
Fig. 3- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous) and humic acid levels on seed number per head of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسیدهیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 $kg.ha^{-1}$ and HA_3= adding 16 $kg.ha^{-1}$)

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح اسیدهیومیک و گونه‌های قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در طبق نشان داد که کاربرد قارچ *G. mosseae* و عدم مصرف اسیدهیومیک به بیشترین تعداد دانه در طبق منجر گردید و با افزایش سطوح اسیدهیومیک از میزان

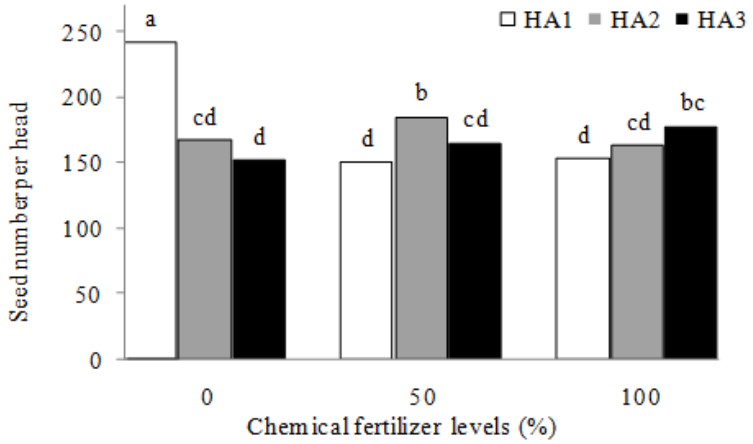
آن کاسته شد و کمترین تعداد دانه در طبق هم مربوط به سطح دوم اسیدهیومیک و قارچ *G. interaradices* بود که با سطح اول، اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل 4).



شکل 4- مقایسه میانگین اثر متقابل گونه‌های قارچ میکوریزا و سطوح اسیدهیومیک بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان

Fig. 4- Mean comparison for interaction effect of mycorrhiza species and humic acid levels on seed number per head of sunflower

مقایسه میانگین داده‌های حاصل از اثرات متقابل سه گانه تیمارهای مورد آزمایش نشان داد گیاهان تحت تیمار کاربرد گونه *G. mosseae*، عدم کاربرد کود شیمیایی و عدم مصرف اسیدهیومیک به طور معنی‌داری بیشترین تعداد دانه در طبق را دارا بودند (شکل 5). کاربرد سطح دوم کود شیمیایی و سطح سوم اسیدهیومیک توأم با تلقیح گیاه توسط *G. intraradices* موجب افزایش معنی‌داری در تعداد دانه در طبق گردید اما در سطوح پائین‌تر و بالاتر اسیدهیومیک و کودهای شیمیایی اثر معنی‌داری مشاهده نشد (شکل 6). کاربرد گونه قارچ *G. mosseae* بهتر از سویه دیگر بود زیرا این قارچ در شرایط عدم مصرف کود شیمیایی عملکرد بیشتری داشت.

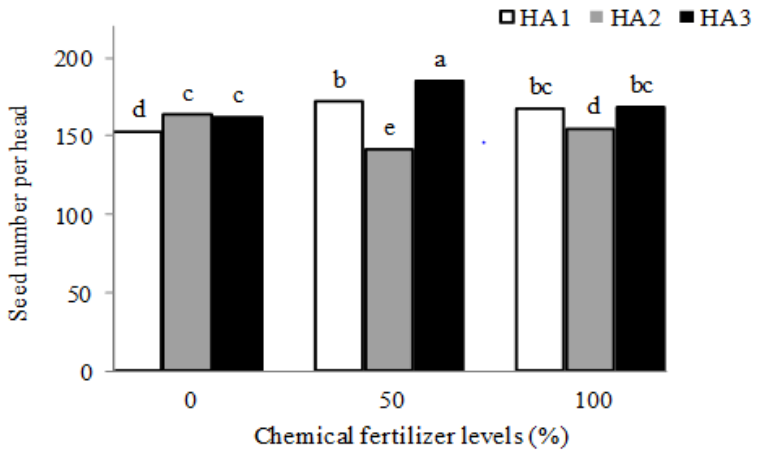


شکل 5- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر)، گونه قارچ *G. mosseae* و سطوح اسیدهیومیک بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان

Fig. 5- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous), *G. mosseae* fungus and humic acid levels on seed number per head of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسیدهیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 kg.ha^{-1} and HA_3= adding 16 kg.ha^{-1})



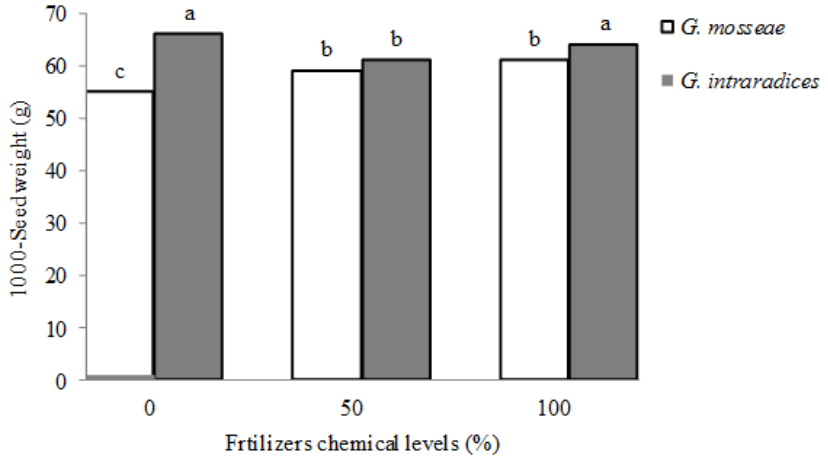
شکل 6- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر)، گونه قارچ *G. intraradices* و سطوح اسیدهیومیک بر تعداد دانه در طبق آفتابگردان

Fig. 6- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous), *G. intraradices* fungus and humic acid levels on seed number per head of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسید هیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 $kg.ha^{-1}$ and HA_3= adding 16 $kg.ha^{-1}$)

مهرورز و چایچی (Mehrvarz & Chaichi, 2008) نشان دادند که افزایش جذب فسفر و انتقال آن به سلول‌های گیاه ذرت، سبب بهبود رشد، افزایش فتوسنتز و تولید مواد فتوسنتزی می‌شود و در نتیجه در مرحله پر شدن دانه، شیره پرورده کافی به بلال انتقال پیدا می‌کند و باعث کاهش میزان پوکی دانه و افزایش تعداد دانه در بلال می‌شود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای شیمیایی و قارچ میکوریزا نشان داد که تلقیح آفتابگردان با قارچ *G. intraradices* در شرایط عدم کاربرد و مصرف 100 درصد کودهای شیمیایی به طور معنی‌داری وزن هزار دانه را نسبت به دیگر تیمارها افزایش داد.

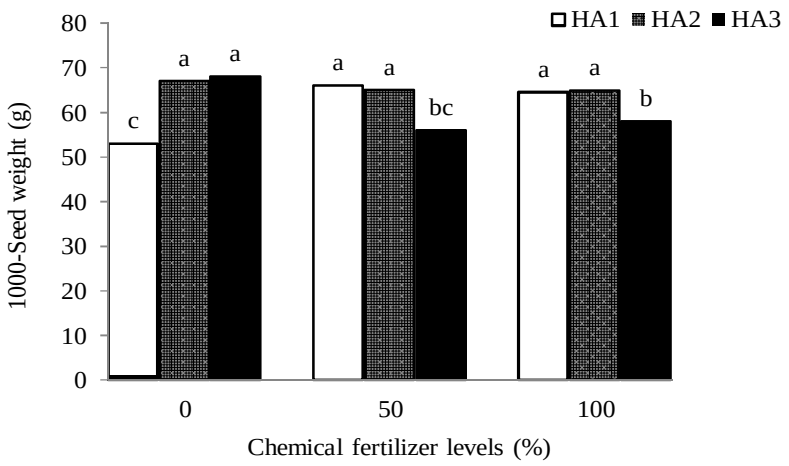


شکل 7- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای شیمیایی و گونه‌های قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه آفتابگردان

Fig. 7- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers and mycorrhiza species on 1000- seed weight of sunflower

به نظر می‌رسد کودهای شیمیایی روی کارآیی این قارچ اثری نداشتند به دلیل این‌که در هر دو سطح کودی، وزن هزار دانه به یک میزان افزایش یافت، در صورتی‌که مصرف 50 و 100 درصد کودهای شیمیایی اثرات مثبت *G. mosseae* را بر وزن هزار دانه تشدید کردند (شکل 7).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی و سطوح اسیدهیومیک گویای آن بود که در شرایط عدم‌کاربرد کود شیمیایی با افزایش مقادیر مصرفی اسیدهیومیک از صفر به هشت و 16 کیلوگرم در هکتار وزن هزار دانه به طور معنی‌داری افزایش یافت. سطوح دوم و سوم کودهای شیمیایی و سطوح اول و دوم اسیدهیومیک نیز افزایش معنی‌داری در وزن هزار دانه سبب شدند، ولی سطح سوم اسیدهیومیک باعث کاهش این صفت شد. به نظر می‌رسد اسیدهیومیک در سطوح بالاتر همراه با کود شیمیایی اثر آنتاگونیستی بر وزن هزار دانه دارد و کاربرد آن بدون کود شیمیایی مناسب‌تر است (شکل 8).



شکل 8- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی (ازت و فسفر) و اسیدهیومیک بر وزن هزار دانه آفتابگردان

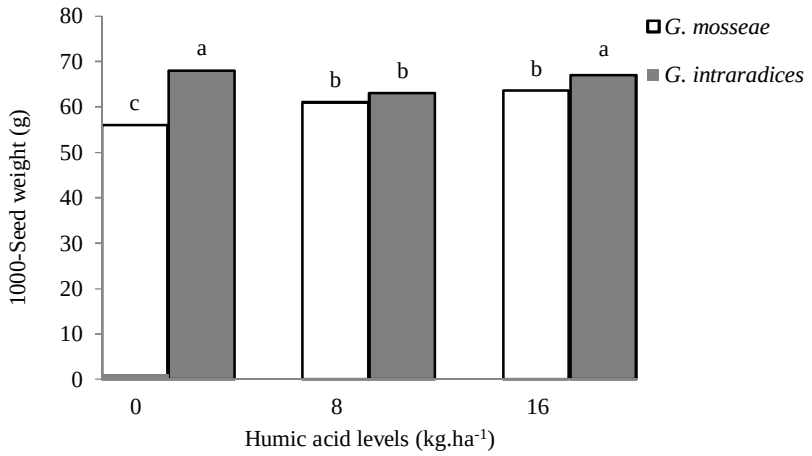
Fig. 8- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous) and humic acid levels on 1000- seed weight of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسید هیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 $kg.ha^{-1}$ and HA_3= adding 16 $kg.ha^{-1}$)

مقایسه میانگین اثر متقابل اسیدهیومیک و قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه نشان داد که در تیمار سطح دوم اسیدهیومیک و قارچ *G. intraradices*، بیشترین وزن هزار دانه به دست آمد، ولی افزایش بیشتر اسیدهیومیک مصرفی منجر به کاهش اثرات مثبت *G. intraradices* بر وزن هزار دانه شد (شکل 9). سطح سوم اسیدهیومیک و *G. mosseae* باعث افزایش وزن هزار دانه شد. کمترین وزن هزار دانه با کاربرد *G. mosseae* و در سطح اول و دوم اسیدهیومیک به دست آمد که با گیاهان تلقح شده توسط *G. intraradices* تحت شرایط مصرف 16 کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک به لحاظ این صفت اختلاف معنی‌داری نداشتند.

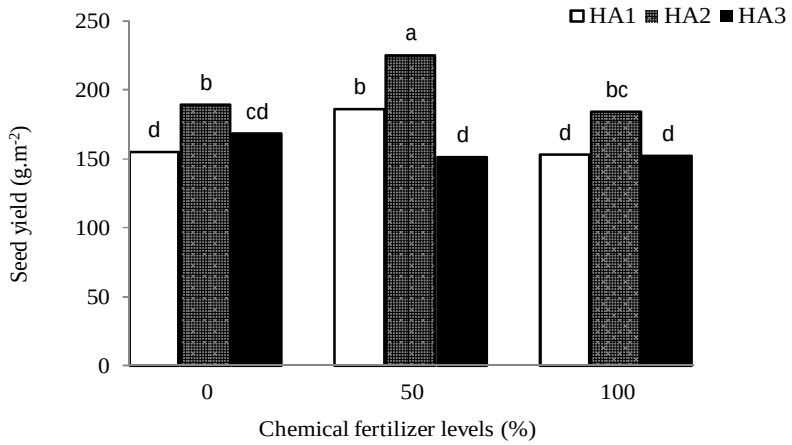
نتایج پژوهشی روی ذرت نشان داد که تلقیح گیاه با قارچ میکوریزا *G. mosseae* موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه نسبت به شاهد شد (Samarbakhsh et al., 2009). افزایش وزن هزار دانه نشان دهنده تأمین مواد فتوسنتزی مورد تقاضای دانه‌ها می‌باشد. اسیدهیومیک از طریق افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود (Delfine et al., 2005).



شکل 9- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح اسیدهیومیک و گونه‌های قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه آفتابگردان

Fig. 9- Mean comparison for interaction effect of mycorrhiza species and humic acid levels on thousand seed weight of sunflower

نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی و سطوح اسیدهیومیک بر عملکرد دانه گویای آن بود که تیمار سطح دوم کود شیمیایی و سطح دوم اسیدهیومیک از بیشترین عملکرد دانه نسبت به سایر تیمارها برخوردار بود و تیمارهای سطوح اول و سوم کود شیمیایی در سطح دوم اسیدهیومیک و نیز تیمار سطح دوم کود شیمیایی و سطح اول اسیدهیومیک افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه به وجود آوردند (شکل 10).



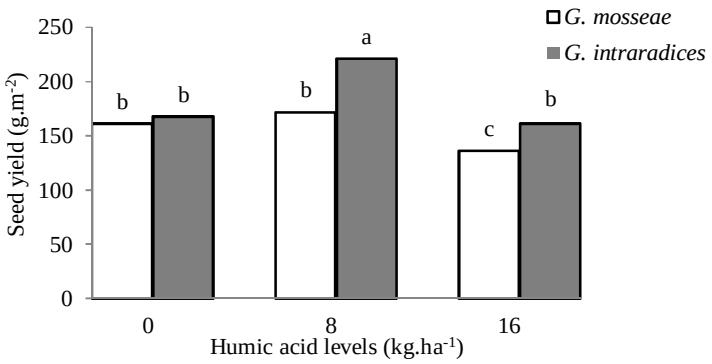
شکل 10- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی (ازت و فسفر) و اسیدهیومیک بر عملکرد دانه آفتابگردان

Fig. 10- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous) and humic acid levels on seed yield of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسید هیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 $kg.ha^{-1}$ and HA_3= adding 16 $kg.ha^{-1}$)

مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح اسیدهیومیک و گونه‌های قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه نشان داد که تیمار سطح دوم اسیدهیومیک و قارچ *G. intraradices*، به طور معنی‌داری از بیشترین میزان عملکرد دانه برخوردار بود. تیمار سطح سوم اسیدهیومیک و سویه قارچ *G. mosseae* نیز باعث کاهش عملکرد دانه شد که بیانگر اثر منفی سطوح بالای اسیدهیومیک بر کارآیی گونه‌های قارچ میکوریزا بود (شکل 11).



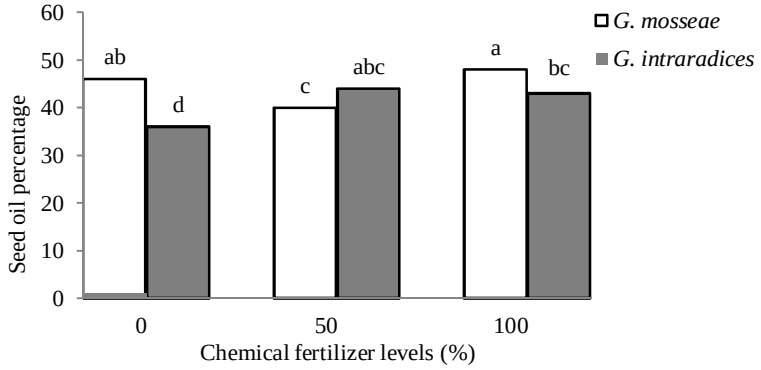
شکل 11- مقایسه میانگین اثر متقابل گونه‌های قارچ میکوریزا و سطوح اسیدهیومیک بر عملکرد دانه آفتابگردان

Fig. 11- Mean comparison for interaction effect of mycorrhiza species and humic acid levels on seed yield of sunflower

عملکرد دانه به عنوان تابعی از اجزاء عملکرد، از افزایش تعداد دانه در طبق، وزن هزار دانه و قطر طبق ناشی می‌شود. گیاهانی که دارای همزیستی میکوریزایی می‌باشند، به دلیل این‌که عناصر غذایی و آب بیشتری از خاک جذب می‌نمایند از رشد بهتری برخوردار خواهند بود و عملکرد بهتری خواهند داشت (Subramanian et al., 1995).

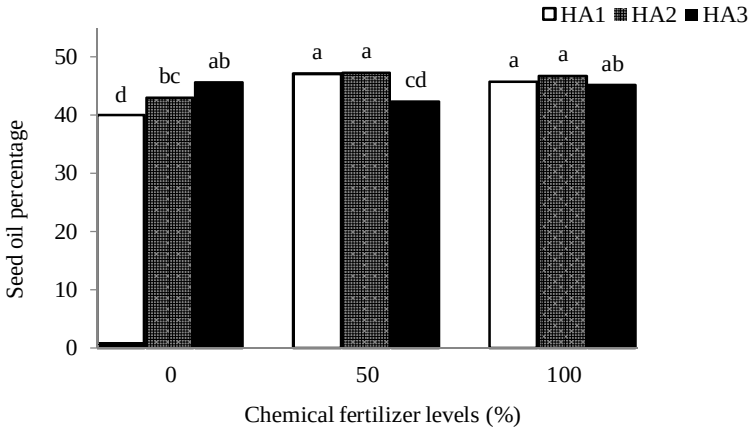
نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول 2) نشان داد که از لحاظ درصد روغن دانه، اثر اصلی میکوریزا و همچنین اسیدهیومیک در سطح احتمال پنج درصد، اثر متقابل کود شیمیایی در میکوریزا و کود شیمیایی در اسیدهیومیک و اثر متقابل سه فاکتور کود شیمیایی در میکوریزا در اسیدهیومیک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کودهای شیمیایی و گونه‌های قارچ میکوریزا گویای آن بود که سطوح کود شیمیایی تأثیر مثبت قابل ملاحظه‌ای روی کارآیی قارچ *G. mosseae* در میزان روغن دانه نداشت، ولی کاربرد سطوح 50 و 100 درصد کودهای شیمیایی و قارچ *G. intraradices* نسبت به عدم کاربرد کود شیمیایی و این قارچ به افزایش معنی‌دار درصد روغن منجر شد (شکل 12). با کاربرد قارچ *G. mosseae*، بیشترین درصد روغن دانه در سطح مصرف 100 درصد کود شیمیایی و کمترین درصد آن با کاربرد قارچ *G. intraradices* و بدون مصرف کود شیمیایی به دست آمد. کارآیی *G. mosseae* در شرایط عدم مصرف کود اختلاف چندانی با تیمار مصرف 100 درصد کود شیمیایی نداشت.

نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل کود شیمیایی و سطوح اسیدهیومیک روی درصد روغن دانه نشان داد که در تیمارهای مربوط به عدم کاربرد کودهای شیمیایی کاربرد کود آلی اسیدهیومیک روی روغن دانه اثرگذار بوده و همراه با افزایش سطوح اسیدهیومیک درصد روغن به طور معنی‌داری افزایش یافت، اما در ترکیب‌های تیماری مربوط به سطوح دوم و سوم کودهای شیمیایی و کاربرد اسیدهیومیک افزایش معنی‌داری در درصد روغن دانه مشاهده نشد (شکل 15). البته کاربرد این تیمارها نسبت به عدم کاربرد کود شیمیایی و اسیدهیومیک موجب افزایش معنی‌دار درصد روغن دانه گردید (به جز تیمار سطح دوم کود شیمیایی و سطح سوم اسیدهیومیک که اختلافی با این تیمار نداشت) (شکل 13).



شکل 12- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و گونه‌های قارچ میکوریزا بر درصد روغن دانه آفتابگردان

Fig. 12- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous) and mycorrhiza species on seed oil percentage of sunflower



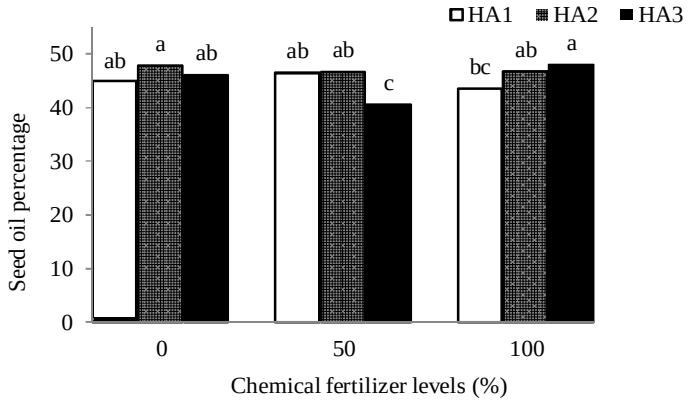
شکل 13- مقایسه میانگین اثر متقابل کودهای شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و سطوح اسیدهیومیک بر درصد روغن دانه آفتابگردان

Fig. 13- Mean comparison for interaction effect of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorous) and humic acid levels on seed oil percentage of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسیدهیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 $kg.ha^{-1}$ and HA_3= adding 16 $kg.ha^{-1}$)

نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل گونه‌های قارچ میکوریزا، سطوح کود شیمیایی و اسیدهیومیک نشان داد که با کاربرد *G. mosseae* در سطوح مختلف اسیدهیومیک و کود شیمیایی، درصد روغن دانه افزایش معنی‌داری نداشت (شکل 14). در شرایط استفاده از *G. intraradices* بدون کاربرد کود شیمیایی و در سطح سوم اسید هیومیک، درصد روغن دانه به طور معنی‌داری افزایش داشت، اما سطح سوم کود شیمیایی و عدم مصرف اسیدهیومیک نسبت به سطوح دیگر آن به افزایش بیشتر درصد روغن دانه منجر شد (شکل 15). به نظر می‌رسد که تلقیح با قارچ *G. intraradices* بدون مصرف اسیدهیومیک و در سطح سوم کود شیمیایی از کارآیی بهتری نسبت به گونه دیگر برخوردار است و سطوح کود شیمیایی و اسیدهیومیک در این تیمار بر هم اثر آنتاگونیستی دارند و کارآیی قارچ میکوریزا را کاهش می‌دهند.

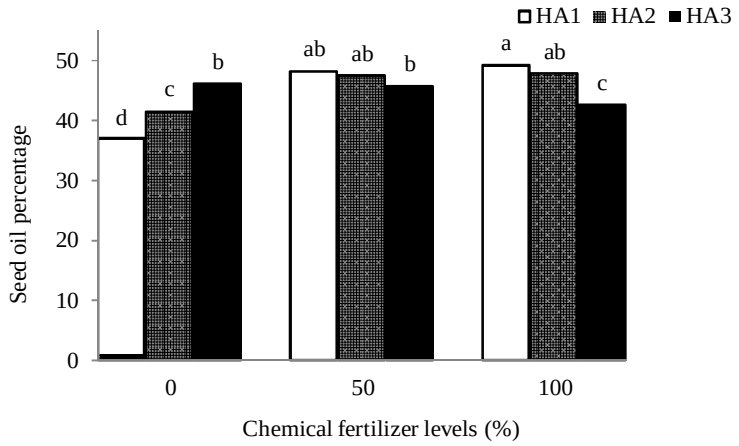


شکل 14- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح کود شیمیایی، قارچ میکوریزا سویه *G. mosseae* و سطوح اسیدهیومیک بر درصد روغن دانه آفتابگردان

Fig. 14- Mean comparison for interaction of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorus), *G. mosseae* fungus and humic acid levels on seed oil percentage of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسیدهیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 $kg.ha^{-1}$ and HA_3= adding 16 $kg.ha^{-1}$)



شکل 15- مقایسه میانگین اثر متقابل کود شیمیایی، قارچ میکوریزا سویه *G. intraradices* و اسیدهیومیک بر درصد روغن دانه آفتابگردان

Fig. 15- Mean comparison for interaction of chemical fertilizers (Nitrogen and Phosphorus), *G. intraradices* fungus and humic acid levels on seed oil percentage of sunflower

(HA_1= عدم مصرف اسیدهیومیک، HA_2= مصرف هشت کیلوگرم در هکتار و HA_3= مصرف 16 کیلوگرم در هکتار)

(HA_1= without application of acid humic, HA_2= adding 8 $kgha^{-1}$ and HA_3= adding 16 $kgha^{-1}$)

در تحقیق میرزاخانی و همکاران (Mirzakhani et al., 2008) مشخص شد که تلقیح بذر گلرنگ بهاره (*Carthamus tinctorius* L.) با باکتری آزادزی *ازتوباکتر* و قارچ میکوریزا باعث افزایش میـزان روغن دانه شد. با توجه به این‌که میزان روغن دانه با طولانی‌تر شدن فصل رشد و خنک شدن دمای هوا طی مرحله پر شدن دانه افـزایش می‌یابد، تأمین کامل عناصر مورد نیاز از طریق کودهای شیمیایی بـا بهبود عملکرد دانه تأثیر مستقیمی بر افزایش روغن آفتـابگردان دارد. بروندت و کیندریس (Brundett & Kendric, 1988) گزارش کردند

که عوامل متعددی بر شدت وابستگی میکوریزایی گیاه مؤثر می‌باشند که از مهم‌ترین آن‌ها می‌توان به نوع گیاه میزبان، گونه قارچ میکوریزا و شرایط خاک اشاره نمود. میکوریزا افزایش جذب عناصر غذایی را به واسطه افزایش انشعابات ریشه گیاه و ریسه قارچ در یک محدوده معین از خاک ممکن می‌سازد.

نتیجه‌گیری

استفاده توأم کودهای شیمیایی و گونه‌های قارچ مایکوریزا بر درصد روغن، وزن هزار دانه دارای تأثیر معنی‌داری بود و باعث افزایش این صفات گردید. به طور کلی، کاربرد کودهای شیمیایی و اسیدهیومیک در سطوح مختلف نشان‌دهنده اثر منفی آن‌ها در سطوح بالای کودهای مصرفی بود به گونه‌ای که سطح سوم این کودها به کاهش درصد روغن دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در طبق منجر گردید در حالی‌که سطح دوم کود شیمیایی و اسیدهیومیک سطح بهینه مصرف بود و افزایش در بیشتر صفات در این سطح برای هر دو کود به دست آمد. کاربرد توأم سطوح اسیدهیومیک و گونه‌های قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه اثرگذار بود به طوری‌که قارچ *G.interaradices* در سطوح مختلف اسیدهیومیک باعث افزایش در میزان صفات فوق الذکر شد و این افزایش در سطح دوم اسیدهیومیک بارزتر بود. در بین غلظت‌های اسیدهیومیک مورد مطالعه، غلظت متوسط (هشت کیلوگرم در هکتار) اثر بهتری را بر فاکتورهای مورد بررسی داشت در حالی‌که در غلظت‌های زیادتر این مواد، مضر یا بی-تأثیر بود. تأثیر کودهای شیمیایی بر بیشتر صفات مورد مطالعه در غلظت‌های پایین‌تر مناسب بود و مصرف زیاد آن‌ها باعث کاهش کارآیی قارچ‌های میکوریزا و اسیدهیومیک گردید. بنابراین، استفاده از ترکیب کودهای بیولوژیک، آلی و شیمیایی که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته است، با توجه به اهمیت استفاده از قارچ‌های مایکوریزا در مبحث باروری خاک و کاهش نیاز به کودهای شیمیایی و اهمیت مواد هیومیکی، یکی از راهبردهای دسترسی به اهداف کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم است.

منابع

Adani, F., Genevini, P., Zaccheo, P., and Zocchi, G. 1998. The effect of commercial humic acid on tomato plant growth and mineral nutition. Journal of Plant Nutrition 21(3): 561-575.

Alizadeh, O., and Alizadeh, A. 2011. Consideration Use of mycorrhiza and vermicompost to optimizing of chemical fertilizer application in corn cultivation. Advances in Environmental Biology 5(6): 1279-1284.

Arienes, J., Palma, J.M., and Varion, A. 1993. Comparison protein pattern in nonmycorrhizal and VA mycorrhizal roots of red clover. New Phytologist 123: 763-768.

Arshi, Y. 1994. Science and Technology of Sunflower. General Office of Cotton and Oilseeds Publication. Ministry of Agriculture Publication, Tehran, Iran, 719 pp. (In Persian)

Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., Arancon, N.Q., and Metzger, J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84(1):7-14.

Brundett, M.C., and Kendric, W.B. 1988. The mycorrhiza status, root anatomy, phenology of plant in a sugarmaple forest. Canadian Journal of Botany 66: 1153-1173.

Chamola, B.P., and Mukergi, K.G. 2003. Compenndium of Mycorrhizal Research. A.P.H. Publisher. New Delhi p. 310.

Chen, B.D., Li, X.L., Tao, H.Q., Christie, P., and Wong, M.H. 2003. The role of arbuscular mycorrhiza in zinc uptake by red clover growing in calcareous soil spiked with variousquantities of zinc. Chemosphere 50: 839-846.

Delfine, S., Tognetti, R., Desiderio, E., and Alvino, A. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. Agronomy for Sustainable Development 25(2): 183-191.

FAO. 2014. Oil Crops. Food Outlook. Trade and Markets Division p. 17.

Ghorbani, S., Khazaeei, H.R., Kafi, M., and Banayan Aval, M. 2010. Effects of humic acid on yield and yield components of maize. Journal of Agroecology 2(1): 111-118. (In Persian with English Summary)

Mehraban, A., Noormohammady, G., Vazan, Ardakani, M.R., and Heydary Sharifabad, H. 2012. Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) fungi on some characteristics of sorghum cultivars. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(2): 1-9. (In Persian with English Summary)

Mehrvarz, S., and Chaichi, M.R. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms andphosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely (*Hordeum vulgare* L.). American-Eurasian Journal of Agriculture and

Environmental Sciences 3(6): 855-860.

Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., Ayneband, A., Shiranirad, H., and Rejali, F. 2008. Effects of inoculation with Azotobacterand mycorrhiza and different levels of nitrogen and phosphorous on grain yield and its components inspring safflower. The 10th Iranian Crop Production and Breeding Congress. Karaj, Iran. 18-20 p. 413. (In Persian)

Nasotimiandoab, R., Samavat, S., and Tehrani, M.M. 2011. Effects of liquid humus manure on iron concentration in green beans shoots. Regional Conference on Knowledge Management in Sustainable Agriculture and Natural Resources, Gorgan, Iran 49: 111-119. (In Persian with English Summary)

Nourbakhash, F., and Hajabbasi, M.A. 1998. Soil Biology. Ghazal Publication, Isfahan, Iran p. 198. (In Persian)

Rajabzadeh Motlagh, F., Mohammadi, E., and Asghari, H.R. 2012. Evaluation of dual inoculation of mycorrhiza and Sinorhizobium and nitrogen fertilizer application on annual medic (*Medicago scutellata*) growth. Journal of Rangeland 6(3): 216-227. (In Persian with English Summary)

Kolsarici, O., Kaya, M.D., Day, S., Ipek, A., and Uranbey, S. 2005. Effects of humic acid dosesonemergence and seeding growth of sunflower (*Helianthus annus* L.). Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture 18(2): 151-155. (In Turkish with English Summary)

Lebaschi, M., Rezai, A., and Mazaheri, D. 2000. The quantitative aspects of dual use of oats and barley. Journal of Research and Manufacturers 21: 15-19. (In Persian)

Reddy, P.S., Rao, S.S., Venkataramana, P., and Suryanarayana, N. 2003. Response of mulberry varieties to VAM and Azotobacter biofertilizers inoculation. Indian Journal of Plant Physiology 8(2): 171-174.

Samarbakhsh, S., Rejali, F., Ardakani, M.R., Pak Nejad, M., and Miransari, M. 2009. The combined effects of fungicides and Arbuscular Mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.) growth and yield under field conditions. Journal of Biological Sciences 9: 372-376.

Sharif, M., Khattak, R.A., and Sarir, M.S. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. Communications in Soil Science and Plant Analysis 33: 19-20.

Sharma, A.K., and Johri, B.N. 2002. Arbuscular mycorrhizae, interaction in plants, rhizosphere and soils. Science Publisher. INC, ENFILD, NH, USA. p. 110-112.

Subramanian, K.S., Charest, C., Dwyer, L.M., and Hamilton, R.I. 1995. Arbuscular mycorrhiza and water relations in maize under drought stress at tasselling. New Phytologist 129: 643-650.

Uhart, S.A., and Andraide, F.H. 1995. Nitrogen deficience in maize. Crop Science 35: 1376-1389.

Vaughan, D., and Malcom, R.E. 1985. Influnce of Humic substance on growth and physiological processes. In: Vaughan D, Malcom, R.E. (Eds), soil organic matter and biological activity martinus. Nijhoff/ Drwjung publication Dodrecht p. 37-75.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 567-582

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 582-567

The Effect of Mycorrhizal Fungi and Humic Acid on Yield and Yield Components of Sunflower

H. Veysi[1], G.R. Heidari[2*] and Y. Sohrabi[3]

Submitted: 14-06-2015
Accepted: 10-11-2015

Veysi, H., Heidari, G.R., and Sohrabi, Y. 2017. The effect of mycorrhizal fungi and humic acid on yield and yield components of sunflower. Journal of Agroecology 8(4): 567-582.

Introduction

Cultivated sunflower is one of the largest oilseed crops in the world. Sunflower seed is the third largest source of vegetable oil worldwide, following soybean and canola. Nitrogen is one of the most important elements for crops to achieve optimum yields and quality. Phosphorus (P), next to nitrogen, is often the most limiting nutrient for crop and forage production. Phosphorus availability is controlled by three primary factors: soil pH, amount of organic matter and plant species (Reddy et al., 2003). Arbuscular mycorrhizal fungi are one of the most important microorganisms in majority of the undamaged soils so that about 70% of the soil microbial biomass is formed by the mycelium of these fungi. Mycorrhizal association promotes plant absorption of scarce or immobile minerals, especially phosphorus, resulting in enhanced plant growth. Humic acids are dark brown to black, and are soluble in waterunder neutral and alkaline conditions. They are complex aromatic macromolecules with amino acid, amino sugar, peptide and aliphatic compounds linked to the aromatic groups. Humic acid contains nitrogen, phosphorous, calcium, magnesium, sulphur, copper and zinc (Subramanian et al., 2009).

Materials and methods

Experiment was conducted as split plot factorial based on randomized block design with three replications in 2011-2012. The main plots consisted of nitrogen and phosphorus application levels (zero percent or no chemical fertilizer application, 50% equivalent to 37.5 kg.ha^{-1} urea + 25 kg.ha^{-1} super phosphate triple and 100% equivalent to 75 kg.ha^{-1} urea + 25 kg.ha^{-1} super phosphate triple). Two species of mycorrhizal include (*G. mosseae*) and (*G. interaradices*) with three levels of humic acid (0, 8 and 16 kg.ha^{-1}) were placed in subplots. The measured traits were: plant height, seed number per head, head diameter, seed oil content, thousand seed weight and seed yield. The data were analyzed using the Mstat-C statistical software. Mean comparison was performed using LSD method (at 5% level). The figures were prepared by Microsoft Excel.

Results and discussion

Mean comparisons showed that highest seed number per head belonged to plants under *G. mosseae*, without chemical fertilizer applying and without the use of humic acid (Fig. 5). The highest thousand seed weight obtained from using 8 and 16 kg.ha^{-1} humic acid without chemical fertilizer and applying 0 and 8 kg.ha^{-1} humic acid and using 50 and 100% chemical fertilizer. It seems that humic acid has antagonistic effects with chemical fertilizer in high levels. Interaction of humic acid and mycorrhiza species also showed that the highest thousand seed weight belonged to 8 kg.ha^{-1} humic acid and *G. intraradices*. Samarbakhash et al. (2009) in maize showed that Inoculation with mycorrhizal fungi significantly increased the average seed weight. The highest seed yield obtained from applying 50% chemical fertilizer and 8 kg.ha^{-1} humic acid. Mean comparison of interaction effect of humic acid levels and mycorrhiza strains also showed that the highest seed yield belonged to 8 kg.ha^{-1} humic acid and *G. intraradices*. This increase may be attributed to the extensive root development and hyphae that reduce the distance fordiffusion of essential elements thus enhancing the nutrient absorption. Mean comparison of interaction effect of chemical fertilizer levels and mycorrhiza strains indicated that chemical fertilizer levels had no considerable effect on *G. mosseae* efficiency from viewpoint of seed oil content but applying 50 and 100% chemical fertilizer along with using *G. intraradices* significantly increased seed oil content. Mirzakhani et al. (2008) in sprig safflower showed that mycorrhiza can solubilize phosphorus in soil and enhance absorb

1, 2 and 3- Former MSc Student of Agronomy, Assistant Professor and Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Kurdistan, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: g.heidari@uok.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.47563

elements by plant.

Conclusion

In general, among applied humic acid levels, using 8 $kg.ha^{-1}$ had positive effects on the studied traits of sunflower than its other levels. Furthermore, inoculation of seeds with mycorrhiza and using proportionate chemical fertilizers can cause increased grain yield and seed oil content.

Keywords: Chemical fertilizer, Oil percentage, Phosphorus, Seed number per head, Seed yield

References

Mirzakhani, M., Ardakani, M.R., Ayneband, A., Shiranirad, H., and Rejali, F. 2008. Effects of inoculation with *Azotobacter* and mycorrhiza and different levels of nitrogen and phosphorous on grain yield and its components inspring safflower.The 10th Iranian Crop Production and Breeding Congress. Karaj, Iran. 18-20, 413 pp. (In Persian)

Reddy, P.S., Rao, S.S., Venkataramana, P., and Suryanarayana, N. 2003. Response of mulberry varieties to VAM and Azotobacterbiofertilizers inoculation. Indian Journal of Plant Physiology 8(2): 171-174.

Samarbakhsh, S., Rejali, F., Ardakani, M.R., Pak Nejad and Miransari, M. 2009. The combined effects of fungicides and Arbuscular Mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.) growth and yield under field conditions. Journal of Biological Sciences 9: 372-376.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 583-597

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 597-583

اثر ورمی‌کمپوست و تلقیح میکوریزا بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی سویا (*Glycine max* L.) تحت شرایط تنش کم‌آبی

الهام جهانگیری نیا[1*]، عطاءاله سیادت[2]، احمد کوچک زاده[3]، منوچهر سیاح‌فر[4] و محمدرضا مرادی تلاوت[3]

تاریخ دریافت: 1394/09/12
تاریخ پذیرش: 1395/04/30

جهانگیری نیا، ا.، سیادت، ع.، کوچک زادهم، ا.، سیاح‌فر، م.، و مرادی تلاوت، م.ر. 1395. اثر ورمی‌کمپوست و تلقیح میکوریزا بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی سویا (*Glycine max* L.) تحت شرایط تنش کم‌آبی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 597-583.

چکیده

به منظور بررسی اثر مصرف کودهای ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیکی سویا (*Glycine max* L.) در شرایط تنش کم‌آبی، آزمایشی در مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان خرم آباد در سال 1392 اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل انجام آبیاری پس از 60، 120 و 180 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A و فاکتور فرعی شامل مدیریت تغذیه‌ای (عدم مصرف کودهای میکوریزا و ورمی‌کمپوست، تلقیح با کود زیستی میکوریزا گونه (*Glomus hoi.*)، مصرف پنج و 10 تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست، مصرف پنج و 10 تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا) بودند. نتایج نشان داد که بر همکنش تنش کم‌آبی × سطوح کودی بر دمای بالا و پایین سایه‌انداز بوته معنی‌دار بود. استفاده از کودهای تلفیقی در شرایط تنش کم‌آبی سبب کاهش دمای برگ‌های بوته گردید. تنش کم‌آبی منجر به کاهش صفات شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ و عددکلروفیل‌متر شد. در واکنش به سطوح کودی، بیشترین میزان شاخص سطح برگ و محتوای نسبی آب برگ در تیمارهای مصرف تلفیقی ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا به دست آمد. با افزایش تنش کم‌آبی میزان سرعت پر شدن دانه افزایش ولی طول دوره مؤثر پر شدن دانه، وزن نهایی و عملکرد دانه کاهش یافت. بیشترین عملکرد دانه در تیمارهای مصرف تلفیقی پنج و 10 تن در هکتار ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا به دست آمد که به ترتیب 23 و 29 درصد بیشتر از تیمار شاهد بود. به نظر می‌رسد استفاده تلفیقی از کودهای ورمی‌کمپوست و میکوریزا در مناطقی که در معرض تنش کم‌آبی هستند، از طریق بهبود شرایط فیزیولوژیک گیاه می‌تواند موجب بهبود شرایط رشد گیاه و حصول عملکرد بالاتر گردد.

واژه‌های کلیدی: تشتک تبخیر، سرعت پر شدن دانه، شاخص سطح برگ، محتوای نسبی آب برگ

مقدمه

دانه‌های روغنی بعد از غلات دومین منبع مهم تأمین انرژی لازم جوامع انسانی به شمار می‌روند. از آن‌جا که بخش زیادی از روغن مصرفی کشور از خارج وارد می‌شود، کشت دانه‌های روغنی از جمله سویا (*Glycine max* L.) و مدیریت صحیح آن‌ها در جهت افزایش عملکرد ضروری به نظر می‌رسد (Emam & Eilkaee, 2002). بر اساس اطلاعات سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)[5] سطح زیر کشت سویا در جهان طی سال 2012 میلادی حدود 104/9 میلیون هکتار با تولید حدود 241/8 میلیون تن بوده است و بنابر

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استاد، استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان و استادیار، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی لرستان
(*- نویسنده مسئول: Email: ejahangiri92@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.51116

5- Food and Agriculture Organization (http://faostat.fao.org)

همین گزارش سطح زیر کشت سویا در ایران 80 هزار هکتار با تولید 200 هزار تن است. به عبارت دیگر سهم ایران از تولید سویا در جهان تنها حدود 0/08 درصد است. کمبود رطوبت یکی از عوامل مهم محدود کننده رشد سویا به شمار می‌رود. تنش خشکی از طریق ایجاد تغییرات آناتومیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد سویا تأثیر می‌گذارد (Tarumingkeng & Coto, 2003) امروزه کم‌آبی یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده ازدیاد محصول در نواحی خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران می‌باشد و کاهش رشد در اثر تنش خشکی به مراتب بیشتر از سایر تنش‌های محیطی است (Rodriguez, 2006). در شرایط تنش کمبود آب، کاهش ماده خشک می‌تواند به دلیل فشار آماس سلول ناشی از کاهش سطح برگ گیاه و همچنین کاهش نرخ فتوسنتزی به دلیل محدودیت‌های بیوشیمیایی ناشی از کمبود آب از قبیل کاهش رنگدانه‌های فتوسنتزی به خصوص کلروفیل‌ها باشد (Lawlor & Cornic, 2002) مواجه شدن گیاه با تنش خشکی باعث مسدود شدن روزنه‌ها و افزایش تنفس و به تبع آن افزایش دما در سطح برگ می‌شود (Costa-Fodil et al., 2000).

سرعت و دوام پر شدن دانه نیز از صفات مهم مؤثر بر عملکرد هستند. در گیاهان زراعی، پر شدن دانه از مرحله باروری تا رسیدگی را می‌توان به سه مرحله تقسیم نمود: در مرحله اول وزن خشک دانه به آرامی و در طی یک مرحله تأخیری افزایش می‌یابد. به دنبال آن مرحله دوم، مرحله خطی پر شدن دانه ظاهر می‌شود که افزایش 90 درصد از وزن خشک دانه در طی این مرحله صورت می‌گیرد، این مرحله را دوره پر شدن مؤثر دانه نیز می‌گویند. در مرحله سوم، که دوره رسیدگی نامیده می‌شود، ماده خشک دانه افزایش قابل ملاحظه‌ای پیدا نمی‌کند و در پایان مرحله ارتباط گیاه مادر با دانه قطع می‌گردد (Kafi et al., 2001). در مناطقی که طول فصل رشد محدود است پر شدن سریع‌تر دانه‌ها به عنوان یک مزیت محسوب می‌شود. سرعت بیشتر پر شدن دانه نیز به واسطه دسترسی به مواد فتوسنتزی و یا تفاوت در پتانسیل رشد دانه است (Yang & Zhang, 2006). در شرایط تنش خشکی در انتقال مواد غذایی اختلال ایجاد می‌شود، اما برخی از قارچ‌های مفید خاکزی مانند میکوریزا با تشکیل کلونی در ریشه و افزایش سطح جذب آب و مواد غذایی، تولید در گیاهان زراعی تحت تنش را بهبود می‌بخشد (Al-Karaki et al., 2004). پژوهشگران گزارش کردند که همزیستی میکوریزایی سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ گیاه سویا و شاخص سطح برگ و عملکرد دانه گیاه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) می‌شود (Aliasgharzad et al., 2006; Jamshidi et al., 2009). ورمی‌کمپوست کودی سبک و بی‌بو، حاوی میکروارگانیسم‌های هوازی مفید مانند *ازتوباکتر*، دارای مقادیر بالایی از عناصر اصلی غذایی در مقایسه با سایر کودهای آلی، اصلاح کننده خصوصیات فیزیکوشیمیایی و بیولوژیکی خاک است و به دلیل خاصیت اسنفجی کود قابلیت بالای نگه‌داری آب و مواد غذایی را دارا می‌باشد و این ویژگی کمک می‌کند خاک رطوبت بیشتری را در خود نگهداری کند (Abdoli & Roshani, 2008).

استفاده از ورمی‌کمپوست در کشاورزی پایدار علاوه بر افزایش حمایت و فعالیت میکروارگانیسم‌ها مفید خاک (مانند قارچ میکوریزا و میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات) در جهت فراهمی عناصرغذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبودی رشد و عملکرد گیاه زراعی می‌شود (Arancon et al., 2004). پژوهشگران در آزمایشی گزارش کردند که کاربرد چهار درصد ورمی‌کمپوست در شرایط آبیاری نرمال، تنش متوسط و شدید باعث افزایش ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد دانه گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) در مقایسه با سایر تیمارهای کودی شد (Rashtbari & Alikhani, 2012). از آن‌جا که رویکرد جهانی تولید محصولات کشاورزی به سمت استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار می‌باشد.

بنابراین در این راستا مطالعه اثر کودهای بیولوژیک جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بررسی اثر این کودها در مقاومت گیاه سویا نسبت به تنش کم‌آبی ضروری به نظر می‌رسد. به همین منظور این تحقیق با هدف بررسی تأثیر کودهای ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر برخی صفات فیزیولوژیکی مهم و عملکرد دانه سویا در شرایط تنش کم‌آبی انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر مدیریت آبیاری و تغذیه‌ای بر رشد و عملکرد سویا، پژوهشی در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی شهرستان خرم‌آباد با مشخصات اقلیمی طول جغرافیایی 48 درجه و 18 دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی 33 درجه و 30 دقیقه شمالی و ارتفاع 1171 متر از سطح دریا در تابستان سال 1392، اجرا شد. این منطقه دارای

آب و هوای مدیترانه‌ای و تابستان گرم و خشک و زمستان‌های نسبتاً سرد، با میانگین بارندگی سالانه 520 میلی‌متر و متوسط درجه حرارت 17/5 درجه سانتی‌گراد می‌باشد. در این مطالعه از لاین L_{17} سویا استفاده گردید که این لاین از نوع رشد نامحدود است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل: آبیاری در سه سطح (پس از 60، 120 و 180 میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A که به ترتیب به عنوان آبیاری نرمال، تنش کم‌آبی ملایم و تنش شدید در نظر گرفته شدند) در کرت اصلی و مدیریت تغذیه‌ای در شش سطح (عدم مصرف کودهای میکوریزا و ورمی‌کمپوست، تلقیح با کود میکوریزا، مصرف پنج و 10 تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست، مصرف پنج و 10 تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا) در کرت فرعی بود. آبیاری به صورت جوی و پشته انجام شد. نحوه اعمال تیمارهای آبیاری به این شکل بود که اولین آبیاری بعد از کاشت صورت گرفت و تمامی تیمارها تا مرحله‌ی شروع گلدهی به طور یکسان آبیاری شدند، بعد از این مرحله تیمارهای آبیاری اعمال شدند. عملیات کشت در یکم تیر ماه انجام شد. هر کرت فرعی شامل چهار خط کشت به طول شش متر و عرض دو متر، فواصل ردیف 50 سانتی‌متر و فواصل بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قبل از اجرای آزمایش، بر اساس آزمون خاک (جدول 1) معادل 125 کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره (50 کیلوگرم در هکتار به صورت کود استارتر در هنگام کاشت و مابقی آن به عنوان کود سرک در مرحله گلدهی)، 85 کیلوگرم در هکتار کود فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل و 40 کیلوگرم در هکتار کود پتاس از منبع سولفات پتاسیم همراه با کاشت به زمین داده شد. قبل از کاشت مقادیر متفاوت کود ورمی‌کمپوست با توجه به مساحت کرت‌های آزمایشی و تیمارهای مربوطه، محاسبه و به طور کامل با خاک مخلوط شدند که خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده در جدول 2 ارائه شده است. قارچ میکوریزای مورد استفاده از گونه (*Glomus hoi*) بود که از شرکت تولید کننده کود بیولوژیک با نام ارگانیک همدان تهیه شد که مورد تأیید مؤسسه تحقیقات آب و خاک سازمان تحقیقات کشاورزی کشور است. این کود دارای 15 اسپور در هر گرم و 930 هیف از قارچ میکوریزا در هر سانتی‌متر مکعب می‌باشد. قبل از کاشت در کرت‌هایی که مربوط به تیمار تلقیح کود میکوریزا بود، شیارهایی به عمق 7-6 سانتی‌متر روی پشته‌ها ایجاد شد، سپس مقدار 100 گرم میکوریزا به ازای هر کرت داخل شیارها ریخته شد. به منظور جلوگیری از تأثیر منفی نور بر قارچ، بلافاصله بذر سویا روی این مایه تلقیح قرار گرفت و روی آن با خاک پوشانده شد. بعد از پایان عملیات کاشت، برای تأمین رطوبت کافی در خاک، بلافاصله مزرعه آبیاری شد.

جدول 1- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics used for the experiment of soil

بافت Texture	اسیدیته pH	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	کربن آلی (درصد) O.C (%)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	عناصر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable nutrient content ($mg.kg^{-1}$)		
					آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P
لومی- رسی Loam- clay	7.5	0.16	1.19	2.5	11	295	8.4

جدول 2- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی ورمی‌کمپوست مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Physical and chemical characteristics of vermicompost used in the experiment

هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	شاخص واکنش pH	نیتروژن کل (درصد) Total N (%)	رطوبت (درصد) Moisture (%)	نسبت کربن به نیتروژن C/N ratio	عناصر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable nutrients ($mg.kg^{-1}$)		
					روی Zn	پتاسیم K	فسفر P
1.1	7	4.96	25	7.66	40	31900	6100

زمان نمونه‌گیری جهت ارزیابی شاخص سطح برگ[1]، محتوای رطوبت نسبی برگ[2] و شاخص کلروفیل برگ در زمان 59 روز بعد از کاشت که گیاهان شاهد در مرحله شروع غلاف‌دهی بودند، انجام شد. برای اندازه‌گیری محتوای رطوبت نسبی آب برگ از معادله (1) استفاده گردید (Yamasaki & Dillenburg, 1999).

$$\%RWC = \frac{FW-DW}{TW\ \ DW} \times 100 \qquad (1)$$

در این معادله، TW, DW, FW: به ترتیب وزن تر (تازه)، خشک و آماس برگ هستند. برای اندازه‌گیری شاخص سطح برگ، از دو ردیف میانی هر کرت به طول نیم متر و در مجموع به مساحت 0/25 مترمربع از بوته‌های نمونه‌برداری، 10 برگ به صورت تصادفی به روش دیسکی (به قطر سه سانتی‌متر) هم شکل و هم اندازه شده و سپس توزین می‌شدند، سپس با استفاده از وزن ترکل برگ‌ها، وزن و سطح برگ‌های دیسک خورده سطحی معادل سطح 10 برگ با استفاده از تناسب، سطح کل برگ‌های بوته‌های نمونه‌برداری اندازه‌گیری شد و سپس با استفاده از معادله (2) شاخص سطح برگ محاسبه شد.

$$LAI = \frac{LA}{GA} \qquad (2)$$

در این معادله، LA و GA: به ترتیب نشان‌دهنده سطح کل برگ و سطح خاک اشغال که توسط سایه‌انداز گیاه (بر حسب مترمربع) است. میزان سبزینگی برگ به وسیله دستگاه کلروفیل‌سنج (SPAD مدل 502 Plus Chlorophll Meter) و میزان دمای برگ‌های بوته نیز به وسیله حرارت‌سنج یا گان (مدل TM-958 LUTRON infrared Thermometers) اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی روند پر شدن دانه‌ها، در مرحله 50 درصدگل‌دهی یعنی 48 روز بعد از کاشت نمونه‌برداری انجام شد و سپس به طور مرتب هر هفت روز یک‌بار و جمعاً پنج بار تا زمان برداشت نهایی ادامه پیدا کرد. در هر بار نمونه‌برداری چهار بوته از ردیف‌های دو و سه از هر کرت برداشت شد و پس از جداسازی و شمارش دانه‌ها از غلاف در آون با دمای 70 درجه سانتی‌گراد خشک شدند، سپس وزن خشک کل غلاف، پوسته و بذرها اندازه‌گیری و تعداد بذور نیز شمارش می‌شدند. با بررسی روند تغییرات وزن دانه، وزن نهایی دانه در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی (زمانی که وزن خشک دانه ثابت یا تغییرات آن بسیار اندک است) مشخص شد. همچنین با توجه به این‌که بیشترین وزن خشک بذر طی مرحله رشد خطی تجمع می‌یابد. بنابراین، با حذف نقاط غیر خطی، از طریق رابطه خطی دو تکه‌ای میان شاخص برداشت با زمان و در نظر نگرفتن تجمع ماده خشک طی مراحل تأخیری در آغاز و پایان رشد بذر، وزن خشک دانه بر حسب زمان شروع، پایان و مرحله رشد خطی دانه تعیین گردید (Kafi et al., 2001). شیب خط رگرسیون به عنوان سرعت مؤثر پر شدن دانه (b)[3] بر اساس معادله (3) محاسبه گردید. در اینجا، X روزهای نمونه‌برداری، Y وزن دانه، n تعداد نمونه‌برداری می‌باشد. با توجه به وزن نهایی دانه، طول دوره مؤثر پر شدن دانه از معادله (4) محاسبه گردید (Naderi et al., 2000).

$$b = \frac{\sum XY - (\sum X)(\sum Y)/n}{\sum x^2 - (\sum x^2)/n} \qquad (3)$$

$$EFP = \frac{Y}{B} \qquad (4)$$

در معادله، EFP[4] طول دوره مؤثر پر شدن دانه، Y وزن نهایی دانه و b سرعت پر شدن دانه می‌باشد. عملیات برداشت در سی‌ام مهر ماه انجام شد. عملکرد دانه در زمان رسیدگی کامل پس از برداشت سه مترمربع از دو خط میانی هر کرت و با حذف حاشیه‌ها اندازه‌گیری شد. تجزیه آماری شامل تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و برش‌دهی اثر متقابل با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9 انجام شد. میانگین داده‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌داری (LSD)[5] در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

محتوی رطوبت نسبی برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش کم‌آبی بر محتوای رطوبت نسبی برگ بسیار معنی‌دار بود (جدول 3). بیشترین مقدار این صفت در تیمار آبیاری نرمال (76/5 درصد) و کمترین مقدار آن در تیمار تنش شدید (66/2 درصد) به دست آمد (جدول 4). برخی

1- Leaf area index
2- Relative water content
3- Effective filling rate
4- Effective filling period
5- Least significant difference

محققان کاهش محتوای رطوبت نسبی برگ گیاه سویا در اثر تنش خشکی را گزارش کرده‌اند (Turkan et al., 2005). کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل دخیل در کاهش محتوای رطوبت نسبی شناخته شده‌اند (Tarumingkeng & Coto, 2003). علاوه بر این، نتایج نشان داد که اثر تیمارهای کودی نیز بر محتوای رطوبت نسبی برگ بسیار معنی‌دار بود (جدول 3). بیشترین محتوای رطوبت نسبی برگ، در تیمار تلفیقی 10 تن در هکتار ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا (76/9) مشاهده شد (جدول 4). پژوهشگری بیان کرد که میکوریزا احتمالاً از طریق تغییر در مورفولوژی ریشه و طویل کردن سیستم ریشه گیاه میزبان و افزایش سطح جذب از طریق ریسه‌های قارچ، میزبان آب بیشتری جذب کرده و باعث بهبود روابط آبی گیاه میزبان می‌گردد (Auge, 2001). از طرفی ورمی‌کمپوست علاوه بر افزایش حمایت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک (مانند قارچ‌های میکوریزا و میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات) در جهت فراهمی عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاس محلول عمل نموده و سبب بهبودی رشد و عملکرد گیاه زراعی می‌شود (Arancon et al., 2004).

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه سویا در تیمارهای کودی و تنش کم‌آبی

Table 3- Result for analysis of variance (MS) for some physiological traits and grain yield of soybean fertilizer and water stress treatment

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	محتوای رطوبت نسبی برگ RWC	عدد کلروفیل‌سنج SPAD Unit	شاخص سطح برگ LAI	سرعت پر شدن دانه Grain filing rate	طول دوره‌ی پر شدن مؤثر دانه Effective grain filling period	وزن نهایی دانه Final grain weight	عملکرد دانه Grain yield	دمای برگ‌های بالا Leaves hig temperature	دمای برگ‌های پایین Leaves low temperature
تکرار Replication	3	3.65 ns	20.36 **	1.35 ns	0.08 ns	5.89 ns	30.34 ns	232231.8ns	1.92 ns	1.21 ns
تنش کم‌آبی Water stress	2	686.32 **	168.97 **	10.53 **	1.33 **	778.89 **	3128.84 **	9620589.7 **	555.3 **	667.1**
خطای اصلی Error a	6	11.95	0.66	0.53	0.10	35.96	270.40	371566.4	3.76	2.37
سطوح کودی Fertilizer levels	5	136.91 **	6.007 ns	4.61 **	0.04 ns	34.63 *	634.54 **	1398407 **	25.36 **	4.68 **
تنش × کود Stress×fertilizer	10	10.35 ns	3.44 ns	0.11 ns	0.12 ns	11.28 ns	53.64 ns	97164.4 ns	6.81 **	2.52 *
خطای فرعی Error b	45	15.27	3.7	0.20	0.16	11.16	38.49	18061.8	1.51	0.92
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		5.4	5.22	12.5	12.64	10.55	6.27	16.21	4.1	3.39

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری

**, * and ns: Are significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$ and no significant, respectively.

جدول ٤- مقایسه میانگین برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد دانه سویا در تیمارهای کودی و تنش کم‌آبی

Table 4- Mean comparison of some physiological traits and grain yield of soybean fertilizer and water stress treatment

تیمار Treatment	محتوای رطوبت نسبی برگ (درصد) RWC (%)	عدد کلروفیل‌سنج SPAD Unit	شاخص سطح برگ LAI	سرعت پر شدن دانه (میلی‌گرم در روز) Grain filing rate ($mg.day^{-1}$)	طول دوره پر شدن مؤثر دانه (روز) Effective grain filling period (day)	وزن نهایی دانه (میلی‌گرم) Final grain weight (mg)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg.ha^{-1}$)
سطوح آبیاری Irrigation							
آبیاری نرمال (۶۰ میلی‌متر) Normal irrigation (60 mm)	76.55 ^{a*}	39.18 ^{a}	4.3 ^{a}	2.95 ^{b}	37.53 ^{a}	110.62 ^{a}	3216.7 ^{a}
تنش کم‌آبی ملایم (۱۲۰ میلی‌متر) Low stress (120 mm)	73.97 ^{b}	37.33 ^{b}	3.5 ^{b}	3.15 ^{b}	31.22 ^{b}	98 ^{b}	2689.9 ^{b}
تنش کم‌آبی شدید (۱۸۰ میلی‌متر) High stress (180 mm)	66.27 ^{c}	33.95 ^{c}	2.9 ^{c}	3.42 ^{a}	26.17 ^{c}	87.83 ^{b}	1956.1 ^{c}
LSD (5%)	2.44	0.57	0.51	0.22	4.2	11.61	430.57
سطوح کودی Fertilizer							
بدون کود (شاهد) Non Fertilizer (control)	67.29 ^{d}	36.6 ^{a}	2.8 ^{d}	3.19 ^{a}	29.35 ^{c}	90.58 ^{c}	2224.8 ^{b}
میکوریزا Mycorrhziae	70.86 ^{c}	36.7 ^{a}	3.1 ^{c}	3.05 ^{a}	31.09 ^{bc}	92.75 ^{c}	2411.3 ^{b}
۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست 5 $t.ha^{-1}$ Vermicompost	70.91 ^{c}	36.6 ^{a}	3.2 ^{c}	3.18 ^{a}	30.51 ^{bc}	95.25 ^{c}	2472.6 ^{b}
۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست 10 $t.ha^{-1}$ Vermicompost	72.88 ^{bc}	36.8 ^{a}	3.7 ^{b}	3.20 ^{a}	31.93 ^{abc}	100.66 ^{b}	2559.1 ^{b}
۵ تن در هکتار ورمی‌کمپوست + میکوریزا 5 $t.ha^{-1}$ Vermicompost + Mycorrhziae	74.66 ^{ab}	37.35 ^{a}	4.2 ^{a}	3.20 ^{a}	32.82 ^{ab}	104.08 ^{b}	2921.4 ^{a}
۱۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست+ میکورزا 10 $t.ha^{-1}$ Vermicompost + Mycorrhziae	76.99 ^{a}	37.7 ^{a}	4.4 ^{a}	3.23 ^{a}	34.11 ^{a}	109.58 ^{a}	3136.4 ^{a}
LSD (5%)	3.2	1.51	0.37	0.33	2.7	5.1	349.4

* میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد با یکدیگر ندارند.

* Means followed by the same letters are not significantly different by LSD test at 5% probability level.

عدد کلروفیل‌سنج

با اعمال تنش شدید از مرحله گلدهی به بعد عدد کلروفیل‌سنج (میزان سبزینگی برگ) در گیاه سویا کاهش یافت، کمترین مقدار این شاخص در تیمار تنش شدید با میزان 33/95 مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد حدود 14 کمتر بود (جدول 4). نتایج تحقیق مشابهی بر روی گیاه آفتابگردان حاکی از آن است که در شرایط تنش خشکی ملایم، عدد کلروفیل‌سنج افزایش یافته، در حالی‌که با افزایش شدت تنش، از شدت رنگ سبز برگ‌ها کاسته شده و عدد کلروفیل‌سنج نیز کاهش می‌یابد (Kafi & Rostami, 2007).

شاخص سطح برگ

مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف تنش کم‌آبی از لحاظ شاخص سطح برگ نشان داد که با افزایش فواصل آبیاری بر اساس میزان تبخیر و کاهش دفعات آن، شاخص سطح برگ کاهش یافت. بیشترین و کمترین میزان این صفت به ترتیب در تیمار آبیاری نرمال و تنش شدید مشاهده شد (جدول 4). این نتیجه با یافته‌های پژوهش مشابهی در گیاه کلزا مطابقت دارد (Diepenbrock, 2000). کاهش سطح برگ خود می‌تواند ناشی از فرآیندهای دیگری در درون گیاه باشد که عمدتاً مربوط به فتوسنتز است. این فرآیندها موجب تولید برگ‌های کوچک‌تر در شرایط تنش خشکی می‌شوند و از طرف دیگر موجبات زوال برگ‌ها را زودتر از موعد فراهم می‌کنند (Wright et al., 1995). بیشترین مقدار شاخص سطح برگ نیز در تیمار کودی F_6 به دست آمد که از نظر آماری با تیمار F_5 اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول 4). تحقیقات مختلف نشان داده که ورمی‌کمپوست تأثیر مثبت و معنی‌داری روی شاخص سطح برگ برنج داشته است (Hasanuzzaman et al., 2010). بیشترین مقدار شاخص سطح برگ سویا در آزمایشی در تیمار سوپر فسفات تریپل و میکوریزا به دست آمد (Rezvani et al., 2011). در بررسی حاضر نیز با تلفیق کود میکوریزا و ورمی‌کمپوست شاخص سطح برگ نسبت به شاهد افزایش چشمگیری داشت. دلیل احتمالی این نتیجه بهبود شرایط جذب آب و عناصر غذایی خاک توسط گیاه در اثر مصرف این کودها و تأثیر مثبت این عوامل بر افزایش رشد رویشی گیاه بوده که نهایتاً منجر به افزایش سطح برگ‌های گیاه شده است.

سرعت پر شدن دانه

بیشترین سرعت پر شدن دانه در تیمار تنش کم‌آبی شدید با میانگین 3/4 میلی‌گرم در روز مشاهده شد (جدول 4)، که این نتیجه با یافته‌های پژوهش مشابهی در گیاه آفتابگردان مطابقت دارد (Gholinejad et al., 2012). سرعت و مدت پر شدن دانه همبستگی شدیدی به عوامل محیطی از جمله تنش خشکی دارند (Hunt et al.,1991). به طوری‌که اعمال شرایط تنش موجب کاهش طول دوره پر شدن دانه و افزایش سرعت پر شدن دانه می‌شود. افزایش سرعت رشد دانه در شرایط تنش خشکی احتمالاً نوعی سازگاری اکولوژیکی بوده که گیاهان در شرایط کم‌آبی با استفاده از مکانیسم فرار از خشکی، چرخه زندگی خود را سریع‌تر کامل کرده و برای تضمین بقا اقدام به تولید بذر می‌نمایند (Paknjad et al., 2007).

وزن نهایی دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش کم‌آبی و تیمارهای کودی اثر بسیار معنی‌داری بر وزن نهایی داشت (جدول 3). کمترین مقدار وزن نهایی دانه در تنش کم‌آبی شدید با میانگین 87/83 میلی‌گرم به دست آمد که از نظر آماری با تیمار تنش کم‌آبی ملایم اختلاف آماری معنی‌داری نداشت (جدول 4). وزن دانه بیشترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه دارد و به عنوان یک صفت مهم در انتخاب برای مقاومت به خشکی مورد توجه قرار دارد (Hekmatshoar, 1993). از آن‌جا که سویا در مرحله زایشی به کمبود آب حساس می‌باشد، هر عامل محیطی از جمله تنش‌های محیطی سبب کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و در نتیجه کاهش وزن دانه می‌شود (Quarrie & Jones, 1979). اعمال تیمارهای کودی نیز بر وزن نهایی دانه تأثیر مثبتی داشت، به طوری‌که بیشترین وزن نهایی دانه در تیمار F_6 با میانگین 109/58 میلی‌گرم به دست آمد (جدول 4). به نظر می‌رسد استفاده از کودهای ورمی‌کمپوست و میکوریزا مخصوصاً به صورت تلفیقی با بهبود شرایط رشد و طولانی کردن دوره انتقال مواد فتوسنتزی به دانه و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی، امکان تداوم بیشتر دوره پر شدن دانه را فراهم ساخته‌اند که این امر در نهایت منجر به افزایش 17 درصدی وزن نهایی دانه در تیمار F_6 نسبت به تیمار شاهد (F_1) گردید.

طول دوره پر شدن مؤثر دانه

کمترین میزان طول دوره پر شدن مؤثر دانه سویا در تیمارتنش شدید (26/17 روز) مشاهده شد (جدول 4)، با توجه به این‌که این تیمار بعد از گلدهی آب بسیار کمی دریافت کرده است، کاهش طول دوره پر شدن قابل پیش‌بینی بود. در پژوهش مشابهی با افزایش شدت تنش خشکی طول دوره پر شدن مؤثر دانه آفتابگردان کاهش یافت (Jabari et al., 2010). کاهش دوره پر شدن دانه همراه با افزایش سرعت رشد دانه یک پدیده جبرانی در گیاهان زراعی می‌باشد و نقش آن در ثابت نگه داشتن آن عملکرد دانه در شرایط تنش نسبت به شرایط غیرتنش مورد تأکید قرار گرفته است (Ehdaie & Waines, 1996). بیشترین مقدار طول دوره پر شدن مؤثر دانه نیز در تیمار کودی F_6 با میزان 34/11 به دست آمد که از نظر آماری با تیمار F_5 اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول 4). دلیل احتمالی طولانی شدن طول دوره پر شدن مؤثر دانه در این تحقیق را می‌توان به افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی در اثر مصرف تلفیقی کودهای ورمی‌کمپوست و میکوریزا نسبت داد.

عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر سطوح آبیاری و تیمارهای کودی بسیار معنی‌دار شد (جدول 3). تنش کم‌آبی به طور بسیار مؤثری سبب کاهش مقدار عملکرد دانه در گیاه سویا شد، به طوری‌که کمترین مقدار این صفت در تیمار تنش کم‌آبی شدید به میزان 1956/1 کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول 4). به نظر می‌رسد اعمال تنش کم‌آبی از شروع مرحله گلدهی به بعد از طریق کاهش شاخص سطح برگ و فتوسنتز در واحد سطح برگ و همچنین عدم تلقیح دانه‌ها، کاهش دوره پر شدن و وزن دانه‌ها، عملکرد دانه را کاهش داده است. این نتیجه توسط پژوهشگر دیگری نیز در گیاهر گیاه ذرت (*Zea mays* L.) و آفتابگردان گزارش شده است (Pirasteh Eck, 1986; Anosheh et al., 2010). در پژوهش دیگری در گیاه آفتابگردان تنش خشکی در مرحله رویشی حداقل اثر را بر عملکرد دانه داشته و بیشترین کاهش عملکرد دانه بر اثراعمال تنش در مرحله زایشی بود (Rashidi, 2005). در بین تیمارهای کودی، عملکرد دانه تیمار F_6 (3136/4 کیلوگرم در هکتار) بیشتر از سایر تیمارها بود که از نظر آماری با تیمار F_5 اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول 4). در تیمارهای تلفیقی ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا می‌توان گفت ورمی‌کمپوست حاوی عناصر غذایی بوده و از طریق همزیستی و تحریک رشد ریشه موجب تغذیه مستقیم و در نتیجه افزایش جذب آب، فتوسنتز، ماده خشک و افزایش عملکرد کل دانه می‌شود.

میزان دمای برگ‌های سایه‌انداز

بر اساس جدول تجزیه واریانس اثر تنش کم آبی، سطوح کودی و همچنین اثر متقابل تنش کم‌آبی و سطوح کودی بر میزان حرارت برگ‌های بالا و پایین بوته سویا معنی‌دار بود (جدول 3). برش‌دهی اثر متقابل تنش کم‌آبی و سطوح کودی بر میزان حرارت برگ‌های بالا و پایین بوته سویا حاکی از آن بود که سطوح کودی در تنش کم‌آبی ملایم و شدید تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر داشتند (جدول 5).

جدول 5- تجزیه واریانس برش‌دهی اثر متقابل تنش کم‌آبی و سطوح کودی بر میزان حرارت برگ‌های بالایی و پایینی بوته سویا

Table 5- Analysis of variance slicing of interaction of water stress and fert on the temperature rate of upper and lower leaves of soybean

آبیاری Irrigation	درجه آزادی df	دمای برگ‌های بالایی بوته Temprature of leaves up	دمای برگ‌های پایینی بوته Temprature of leaves down
آبیاری نرمال (60 میلی‌متر) Normal irrigation (60 mm)	5	0.34^{ns}	0.83^{ns}
تنش کم‌آبی ملایم (120 میلی‌متر) Low stress (120 mm)	5	12^{**}	6.49^{**}
تنش کم آبی شدید (180 میلی‌متر) High stress (180 mm)	5	26.63^{**}	2.4^{*}

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال خطای یک و پنج درصد و عدم معنی‌داری

**, * and ns: Are significant at $p \leq 0.01$ and $p \leq 0.05$ and no significant, respectively.

جدول 6- مقایسه میانگین دمای برگ‌های بالا و پایین بوته سویا در سطوح کود در هر سطح آبیاری

Table 6- Average comparison of tempreture of up and down leaves of soybean in fertilizer levels in each irrigation level

تیمار آبیاری (میلی‌متر) Irrigation (mm)	تیمار کودی Fertilizer treatment	دمای برگ‌های بالا Temperature of leaves up	دمای برگ‌های پایین Temperature of leaves down
		درجه سانتی‌گراد (°C)	
آبیاری نرمال (60 میلی‌متر) Normal irrigation (60 mm)	بدون کود (شاهد) Non Fertilizer (control)	25.22 a*	22.40 a
	میکوریزا Mycorrhziae	25.87 a	22.27 a
	5 تن ورمی‌کمپوست 5 t.ha^{-1} Vermicompost	25.92 a	22.55 a
	10 تن ورمی‌کمپوست 10 t.ha^{-1} Vermicompost	25.56 a	23.15 a
	5 تن ورمی‌کمپوست + میکوریزا 5 t.ha^{-1} Vermicompost + Mycorrhziae	25.4 a	22.35 a
	10 تن ورمی‌کمپوست + میکوریزا 10 t.ha^{-1} Vermicompost + Mycorrhziae	25.32 a	23.35 a
تنش کم‌آبی ملایم (120 میلی‌متر) Low stress (120 mm)	بدون کود (شاهد) Non Fertilizer (control)	30.57 a	30.62 a
	میکوریزا Mycorrhziae	28.17 b	29.92 ab
	5 تن ورمی‌کمپوست 5 t.ha^{-1} Vermicompost	28.75 b	30.05 ab
	10 تن ورمی‌کمپوست 10 t.ha^{-1} Vermicompost	27.77 b	29.15 b
	5 تن ورمی‌کمپوست+میکوریزا 5 t.ha^{-1} Vermicompost + Mycorrhziae	26.07 c	27.77 bc
	10 تن ورمی‌کمپوست+میکوریزا 10 t.ha^{-1} Vermicompost + Mycorrhziae	25.97 c	27.52 c
تنش کم‌آبی شدید (180 میلی‌متر) High stress (180 mm)	بدون کود (شاهد) Non Fertilizer (control)	38.07 a	34.07 a
	میکوریزا Mycorrhziae	35.57 bc	33.40 b
	5 تن ورمی‌کمپوست 5 t.ha^{-1} Vermicompost	36.9 ab	33.65 b
	10 تن ورمی‌کمپوست 10 t.ha^{-1} Vermicompost	34.62 c	33.22 b
	5 تن ورمی‌کمپوست + میکوریزا 5 t.ha^{-1} Vermicompost + Mycorrhziae	32.1 d	32.20 c
	10 تن ورمی‌کمپوست + میکوریزا 10 t.ha^{-1} Vermicompost + Mycorrhziae	31.6 d	32.17 c

* میانگین‌های دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

* Means followed by the same letters are not signicantly different by LSD test 5% probability level.

نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که سطوح کودی در شرایط آبیاری نرمال اختلاف آماری معنی‌داری با هم نداشتند. تعرق ساز و کار خنک کننده در گیاه است، در شرایط بدون تنش خشکی روزنه‌های گیاه باز است و گیاه همزمان با انجام فتوسنتز، تعرق نیز انجام می‌دهد که نتیجه این کار خنک شدن تعرق گیاه و تولید ماده خشک است (Reynolds et al., 2000). در حالی‌که در شرایط تنش

کم‌آبی استفاده از کودهـای تلفیقـی ورمـی‌کمپوسـت و میکـوریزا در کاهش دمای برگ‌های بوته مؤثر بود به طوری‌که در تنش کـم‌آبـی ملایم کمترین میزان دمای برگ‌های پـایینی بوتـه در تیمـار F_6 بـا میانگین 27/52 درجه سانتی‌گراد به دست آمد و بیشترین میزان ایـن صفت در تیمـار عـدم کـاربرد کـود (F_1) بـا میـانگین 30/62 درجـه سانتی‌گراد حاصل شد. در تیمار تنش کم‌آبـی شـدید نیـز تیمارهـای کودی F_6 و F_5 حدود 17 و 15 درصد دمای برگ‌های بالای بوتـه را نسبت به شاهد کاهش دادند (جدول 6). در مجمـوع اعمـال تـنش از زمان شروع گلدهی باعث افزایش میزان دما در گیاه سویا شد. به طور کلی، دمای سایه‌انداز گیاهی بـا تـنش خشـکی همبسـتگی دارد، بـه طوری‌که با کاهش رطوبت خاک، پتانسیل آب خاک کاهش یافتـه و منجر به افزایش دمای سایه‌انداز گیاهی می‌شـود (Carcova et al., 1998). در شرایط تنش خشکی، گیاه بـرای ایـن‌کـه آب کمتـری از دست بدهد روزنه‌های خود را می‌بندد که همین امر باعـث مـی‌شـود فرآیند تعرق نیز انجام نگیرد، به تدریج دمای گیاه بالاتر رود و فتوسنتز گیاه محدودتر شود (Flexas & Medran, 2002). به نظر می‌رسد با افزایش سطوح کـودی خصوصـاً سـطوح تلفیقـی ورمـی‌کمپوسـت و میکوریزا در شرایط تنش کم‌آبی علاوه بر افزایش توان نگهـداری آب در خاک و جذب آب توسط گیاه، با افزایش شاخص سطح بـرگ و در نتیجه بالا رفتن میزان تبخیر و تعرق در سطح گیاه، موجـب کـاهش دمای گیاه شده است.

نتیجه‌گیری

به طور کلی می‌توان اظهار داشت که بـا افـزایش شـدت تـنش، صفات مورد بررسی این تحقیق با اثر منفی بر عملکرد اقتصادی گیاه، منجر به صدمات جبران‌ناپذیری بـه محصـول شـد. بنـابراین انتظـار می‌رود با جلوگیری و یا به حداقل رساندن تاثیرات تنش، در راسـتای افزایش عملکرد گام برداشت. لذا بـه نظـر مـی‌رسـد کـاربرد تلفیقـی کودهای ورمی‌کمپوست و میکوریزا در تخفیف آثار تنش کم‌آبی مؤثر بودند. به طوری‌که استفاده تلفیقی از این کودها تأثیر مثبتی در کاهش حرارت برگ‌های بوته گیاه در شرایط تنش کـم‌آبـی ملایـم و شـدید داشت. همچنین افزایش عملکرد سویا برای تیمارهای مصرف تلفیقی پنج و 10 تن در هکتار به همراه میکوریزا نسبت به تیمار شاهد 23 و 29 درصد بود. بنابراین جهت صـرفه‌جـویی در آب آبیـاری و هزینـه نهاده‌ها، مدیریت مزرعه و حصول عملکرد مطلوب در شرایط کم‌آبی، مصرف پنج تن در هکتار ورمی‌کمپوست به همراه میکوریزا در کشـت گیاه سویا رقم L_{17} توصیه می‌شود.

منابع

Abdoli, M.A., and Roshani, M.R. 2008. Vermicompost (Design, Build and Run). Tehran University Press, Tehran, Iran. (In Persian)

Aliasgharzad, N., Neyshabouri, M.R., and Salimi, G. 2006. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and *Bradyrhizobium japonicum* on drought stress of soybean. Biologia, Bratislava 61: 324-328.

Al-Karaki, G., Mc Michael, B., and Zak, G. 2004. Field response of wheat to arbuscularmycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14: 263-269.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Technology 93: 145-153.

Auge, R.M., Stodola, A.J.W., Tims, J.E., and Saxton, A.M. 2001. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. Plant and Soil 230: 87-97.

Carcova, J., Maddonni, G.A., and Ghersa, C.M. 1998. Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. Field Crops Research 55: 165-174.

Costa-Franca, M.G., Pham-Thi, A.T., Pimentel, C., Pereyra-Rossiello, R.O., Zuily-Fodil, Y., and Laffray, D. 2000. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. Environmental and Experimental Botany 43: 227-237.

Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review. Field Crops Research 67: 35-49.

Eck, H.V. 1986. Irrigated corn yield response to nitrogen and water. Journal of Agronomy 76: 421-428.

Ehdaie, B., and Waines, J.G. 1996. Gentic variation of preanthesis assimilates of grain yield in spring wheat. Journal of Genetic and Breeding 50: 47-56.

Emam, Y., and Eilkaee, M.N. 2002. Effects of plant density and chlormequat chloride (CCC) on morphological characteristics and grain yield of winter oilseed rape cv. Talayeh. Iranian Journal of Crop Science 1: 1-8. (In Persian with English Summary)

Flexas, J., and Medrano, H. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C_3-plants: Stomatal and nonstomatal limitation revisited. Annals of Botany 183: 183-189.

Gholinejad, A., Aynehband, A., Hassanzadeh Ghorthapeh, A., Noormohamadi, G, and Barnoosi, I. 2012. Effects of drought stress, nitrogen amounts and plant densities on grain yield, rapidity and period of grain filing in sunflower. Journal of Sustainable Agriculture and Production Science 22(1): 129-143. (In Persian with English Summary)

Hasanuzzaman, M., Ahamed, K.U., Rahmatullah, N.M., Akhter, N., Nahar, K., and Rahman, M.L. 2010. Plant growth characters and productivity of wetland rice (*Oryza sativa* L.) as affected by application of different manures. Emirates Journal of Food and Agriculture 22(1): 46-58. (In Persian with English Summary)

Hekmatshoar, H. 1993. Plants Physiology under Difficult Condition. (Translation). Niknam Press, Iran p. 251. (In Persian)

Hunt, L.A., Vander, P., and Parajasingham, S. 1991. Postanthesis temperature effects on duration and rate of grain filling in some winter and spring wheats. Canadian Journal of Plant Science 71: 609-617.

Jabari, M., Ebadi, A., and Mostafaei, H. 2010. The effect of supplementary irrigation on phenological stages, chlorophll, percent absorption of radiation, radiation use efficiency and grain yield in the cultivars of spring safflower. The 11th Congress of Iranian Agronomy and Plant Breeding Sciences. Shahid Beheshti University, Tehran, Collge of Environmental Sciencss, 24-26 July 2010, p. 307. (In Persian with English Summary)

Jamshidi, E., Ghalavnd, A., Salahi, A., Zare, M.G., and Jamshidi, A.R. 2009. Effect of arbuscular mycorrhizal on yield, yield components and plant characteristics of sunflower (*Helianthus annuus* L.) under drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 11(1): 136-150. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., and Rostami, M. 2007. Yield characteristics and oil content of three safflower (*Carthmus tinctorius* L.) cultivars under drought in reproductive stage and irrigation with salin water. Agricultural Research 5(1): 121-131. (In Persian with English Summary)

Kafi, M., Kamkar, B., and Mahdavi Damghani, A.A. 2001. Seed Biology and the Yield of Grain Crops. Ferdowsi University of Mashhad Press, Mashhad, Iran 232 pp. (In Persian)

Lawlor, D.W., and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. Plant Cell and Environment 25: 275-294.

Naderi, A., Hashemi-Dezfouli, S.A., Majidi Hervan, E., Rezaei, A., and Nourmohammadi, G. 2000. Study on correlation of traits and components affecting grain weight and determination of effects of some physiological parameters on grain yield in spring wheat genotypes under optimum and drought stress conditions. Journal of Seed and Plant Improvement 16(3): 374-386. (In Persian with English Summary)

Paknejad, F., Majidi, E., Normohamadi, G., Seadat, A., and Vazan, S. 2007. Evaluation of drought stress on effective traits at accumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. Iranian Journal of Agricultural Sciences 13(1): 137-149. (In Persian with English Summary)

Pirasteh Anosheh, H., Emam, Y., and Jamali Ramin, F. 2010. Comparative effect of biofertilizers with chemical fertilizers on sunflower (*Helianthus annuus* L.) growth, yield and oil percentage in different drought stress levels. Journal of Agroecology 3(2): 492-501. (In Persian with English Summary)

Quarrie, S.A., and Jones, H.G. 1979. Genotypic variation in leaf water potential, stomatal conductance and abssisic acid concentration in spring wheat subjected to artifIcial drought stress. Annals of Botany 44: 323-332.

Rashidi, S. 2005. Study of the effects of drought stress at various growth stages at of various level of nitrogen fertilizer on yield and yield components of corn single cross hybrid TC647 under weather conditions in Khuzestan. MSc thesis, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, Khuzestan, Iran. (In Persian with English Summary)

Rashtbari, A., and Alikhani, H.A. 2012. Effect and efficiency of municipal solid waste compost and vermicompost on morpho-physiological properties and yield of canola under drought stress conditions. Scientific Information Database 2(22): 113-127. (In Persian with English Summary)

Reynolds, M.P., Delgado, B.M.I., Gutie´rrezrodri´guex, M., and Larque-Saavedra, A. 2000. Photosynthesis of wheat in a warm, irrigated environment. I. Genetic diversity and crop productivity. Field Crops Research 66: 37-50.

Rezvani, M., Afshang, B., Gholizadeh, A., and Zaefarian, F. 2011. Evaluation of mycorrhizal fungus and phosphate

rock effectiveness on growth and uptake of phosphorus in soybean (*Glycine max* Merr.). Journal of Soil Management and Sustainable Production 1(2): 97-118. (In Persian with English Summary)

Rodriguez, L. 2006. Drought and drought stress on south taxas Landscape plants. San. Antonio Express News. Avilable at (Http:bexar-Tx.T.Tamu.edu).

Tarumingkeng, R.C., and Coto, Z. 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. Kisman, Science Philosopy p. 702, Term paper, Graduate School, Borgor Agricultural University. (Institut Ppertanian Bogor)

Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F., and Koca, H. 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought tolerant *P. acutifolius* gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to polyethylene glycol mediated water stress. Plant Science 168: 223-231.

Wright, P.R., Morgan, J.M., Jessop, R.S., and Gass, A. 1995. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus*) and Indian mustard (*B. juncea*) to soil water deficits: Yield and yield components. Field Crops Research 42: 1-13.

Yamasaki, S., and Dillenburg, L.C. 1999. Measurements of leaf relative water content in *Araucaria angustifolia*. Revista Brasileria de Fisiologia Vegetal 11(2): 69-75.

Yang, J., and Zhang, J. 2006. Grain filling of cereals under soil drying. New Phytologist 169(2): 223-236.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 583-597

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 597-583

The Effect of Vermicompost and Mycorrhizal Inoculation on Grain Yield and some Physiological Characteristics of Soybean (*Glycine max* L.) under Water Stress Condition

E. Jahangiri Nia[1*], A. Syyadat[2], A. Koochakzadeh[3], M. Sayyahfar[4] and M.R. Moradi Telavat[3]

Submitted: 03-12-2015
Accepted: 20-07-2016

Jahangiri Nia, E., Syyadat, A., Koochakzadeh, A., Sayyahfar, M., and Moradi Telavat, M.R. 2017. The effect of vermicompost and mycorrhizal inoculation on grain yield and some physiological characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under water stress condition. Journal of Agroecology 8(4): 583-597.

Introduction

Moisture limitation is considered as one of the important limiting factors in soybean growth. Drought stress affects different aspects of soybean growth through making anatomical, physiological and biochemical changes (Tarumingkeng & Coto, 2003). Under dry tension condition, there will be a disturbance in transmitting nutrients, but some useful soil fungi such as mycorrhiza improve production of crops under stress through forming colonies in the root and boosting water and nutrient absorption (Al-Karaki et al., 2004). Using vermicompost in sustainable agriculture strengthens support and activities of beneficial soil microorganisms (such as mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing microorganisms) in order to provide nutrients required by plants like nitrogen, phosphorus and soluble potassium as well as improving the growth and performance of the crops (Arancon et al., 2004).

Materials and methods

In order to investigate the effects of vermicompost and mycorrhiza fertilizers on grain yield and some physiological characteristics of soybean under water stress condition an experiment was conducted at Agricultural Research Center of Khorramabad during 2013. The field experiment was carried out based on a randomized complete blocks design arranged in split-plot with four replications. The experiment treatments including irrigation in three levels (after 60, 120 and 180 mm evaporation from pan class A pan), nutrient management in six levels (non-use of vermicompost and mycorhiza fertilizer, inoculated with mycorrhiza fertilizer, consumption of 5 and 10 $t.ha^{-1}$ vermicompost, consumption of 5 and 10 $t.ha^{-1}$ vermicompost with mycorrhiza) were respectively as the main plots and sub. In current study, RWC, LAI, SPAD were measured during 59 days after planting at the beginning of podding of the control treatment. The temperature of plant leaves were measured by the thermometer (model TM-958 LUTRON infrared Thermometers). To analyze the growth of grains under different treatments totally 7 samples were performed from flowering to harvest through checking the process of grain weight changes and final grain weight were determined during physiological maturation (when dry grain weight is fixed or changes are not significant). Filling rate and the effective grain filling period were measured using relevant formula. The grain yield measured at the time of maturing after harvesting 3 m^2 per two middle lines in the plot and through eliminating the fringes of the midfield. All statistical analyzes including variance analysis, comparison of means and interactional slicing using SAS software was done. Mean comparisons using LSD test at the probability of error of 5% was done.

Results and discussion

The results of this study concluded that by increasing stress intensity, traits of this research with negative effect on economic performance led to irreparable damage to crop plants. So the lowest grain yield with the rate of 3216.7 $kg.ha^{-1}$ obtained from 180 mm evaporation. So it is expected to take steps to increase performance by avoiding or minimizing the impact of stress. So that the combined use of these fertilizers had a positive effect on reducing plant leaves heat in low and high water stress condition. Most grain yield obtained by combined

1, 2, 3 and 4- MSc Graduate Student, Professor, Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khouzestan and Assistant Professor, Lorestan Agriculture and Natural Resoures Research Center, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: ejahangiri92@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.51116

treatment of 5 and 10 $t.ha^{-1}$ vermicompost with mycorrhiza that respectively was 23 and 29 percent more than control treatment. In response to levels of fertilizer, the highest amount of LAI, RWC, Final grain weight and effective grain filling period obtained in vermicompost combined with mycorrhiza treatments.

Conclusion

It seems that the use of vermicompost and mycorrhizal fertilizer combination in areas that are subjected to water stress from improvement of plant physiologic condition can be cause improvement of plant growth conditioning and obtaining higher yielding. Accordingly, for saving irrigation water and cost inputs, farming management and achieving the favorite yield under water deficit conditions, it is recommended to use 5 $t.h^{-1}$ vermicompost with mycorrhiza for growing L_{17} soybean.

Keyword: Evaporation pan, Grain filling rate, LAI, RWC

References

Al-Karaki, G., Mc Michael, B., and Zak, G. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza 14: 263-269.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C., and Metzger, J.D. 2004. Influences of vermicomposts on field strawberries: 1. Effects on growth and yields. Bioresource Thechnology 93: 145-153.

Tarumingkeng, R.C., and Coto, Z. 2003. Effects of drought stress on growth and yield of soybean. Kisman, Science Philosophy p. 702, Term paper, Graduate School, Borgor Agricultural University. (Institut Pertanian Bogor)

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 598-611

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 611-598

بررسی مدیریت کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)

پرویز رضوانی‌مقدم[1*]، سید محمد سیدی[2] و مسعود آزاد[2]

تاریخ دریافت: 1390/11/08
تاریخ پذیرش: 1391/06/19

رضوانی‌مقدم، پ.، سیدی، س.م.، و آزاد م. 1395. بررسی مدیریت کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 611-598.

چکیده

به منظور بررسی اثرات منابع آلی و غیر آلی نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، آزمایشی در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی با 11 تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی 89-1388 اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کود شیمیایی اوره، تلفیق کود شیمیایی اوره + کود بیولوژیک نیتروکسین، تلفیق کود شیمیایی اوره + میکوریزا، تلفیق کود شیمیایی اوره + کود بیولوژیک نیتروکسین + میکوریزا، تلفیق کود شیمیایی اوره + کود بیولوژیک بیوسولفور، کود گاوی، تلفیق کود گاوی + کود بیولوژیک نیتروکسین، تلفیق کود گاوی + میکوریزا، تلفیق کود گاوی + کود بیولوژیک نیتروکسین + میکوریزا، تلفیق کود گاوی + کود بیولوژیک بیوسولفور و شاهد بودند. نتایج آزمایش حاکی از آن بود که اعمال تیمارهای مربوط به کود گاوی و نیز کود اوره در افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک سیاهدانه معنی‌دار بود. با این وجود، کود گاوی در مقایسه با کود اوره به طور معنی‌دار تأثیر بیشتری در افزایش شاخص‌های ذکر شده داشت. همچنین به جز کود بیولوژیک بیوسولفور، سایر کودهای بیولوژیک تأثیر معنی‌داری در افزایش این شاخص‌ها نداشتند. با توجه به این‌که در راستای توسعه کشاورزی پایدار، استفاده از نهاده‌های طبیعی و زیستی به عنوان یک اصل شناخته می‌شود، در مناطق دارای خاک‌های آهکی، کاربرد کودهای آلی (مانند کود گاوی) به همراه استفاده از کود بیولوژیک بیوسولفور می‌تواند در کاهش مشکلات ناشی از استفاده زیاد از کودهای شیمیایی مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم*، *تیوباسیلوس*، سولفور، کود گاوی، میکوریزا

مقدمه

در طول چند دهه اخیر جهان شاهد گسترش سریع کشاورزی ارگانیک[3] بود. سیستم‌های کشاورزی زیستی با ایجاد محدودیت‌های شدید در استفاده از نهاده‌های شیمیایی و یا سنتزی، علاوه بر کاهش آلودگی‌های زیست محیطی، در گسترش امنیت غذایی نقش مؤثری را ایفا نموده اند (Rodrigues et al., 2006). سیستم‌های کشاورزی زیستی تفاوت‌های قابل ملاحظه‌ای از نظر منابع تأمین‌کننده نیتروژن، چرخه‌ها و نیز استراتژی‌های مدیریتی این عنصر در مقایسه با سیستم‌های رایجی دارند که از کودهای شیمیایی جهت تأمین این عنصر استفاده می‌کنند. در سیستم‌های ارگانیک، وابستگی بیشتری به تناوب‌های گیاهان، منابع آلی تأمین‌کننده نیتروژن و نیز چرخه‌های بسته این عنصر وجود دارد که برگرفته شده از اکوسیتم‌های طبیعی می‌باشند (Dawson et al., 2008). با در نظر گرفتن اهمیت نیتروژن در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی (Rodrigues et al., 2006) و ضرورت کاربرد کودهای شیمیایی در کشاورزی مدرن جهت کسب حداکثر عملکرد (Guarda et al., 2004)، یکی از چالش‌های اساسی در گذار از کشاورزی رایج به ارگانیک، تأمین نیتروژن به میزان کافی، در زمان مناسب و از منابع مجاز در کشاورزی ارگانیک جهت

1، 2 و 3- به ترتیب استاد، دانشجوی دکتری و دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.51327
3- Organic agriculture

کسب عملکرد قابل قبول از گیاهان زراعی می‌باشد (Rodrigues et al., 2006).

از نقطه نظر مدیریت نیتروژن، بازسازی و احیای اکوسیستم‌های زراعی نیازمند کاهش آلودگی ناشی از تلفات نیتروژن از طریق تصعید، فرسایش و یا آبشویی است. برای کاهش آلودگی‌های ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و نیز احیای اکوسیستم‌های زراعی در کنار کاهش وابستگی به منابع غیرقابل تجدیدی که در تولید کودهای شیمیایی استفاده می‌شوند، استفاده از کودهایی که منشا طبیعی دارند، به عنوان یک راه قابل جایگزین شناخته می‌شود (Kizilkaya, 2008). کودهای بیولوژیک می‌توانند در احیای اکوسیستم‌های زراعی و نیز توسعه کشاورزی پایدار و در نتیجه در احیای مهندسی اکولوژیک مفید باشند (Kizilkaya, 2008). با توجه به تعریف میتش (Mitsh, 1998) از مهندسی اکولوژیک ؛ " *طراحی یک اکوسیستم به شکل پایدار؛ می باید بر پایه تلفیق جوامع انسانی با محیط طبیعی در جهت افزایش سودمندی به جوامع انسانی و نیز محیط زیست باشد*"، استفاده از کودهای زیستی و انتخاب بهترین و مؤثرترین نژادهای میکروارگانیسم‌ها، می‌تواند در این راه مفید باشد (Kizilkaya, 2008). استفاده از کودهای زیستی با در نظر گرفتن مؤثرترین نژادهای میکروارگانیسم‌ها در کنار فراهمی مواد آلی در خاک، می‌تواند در این راه مفید باشد (Seyyedi & Rezvani Moghaddam, 2012; Kizilkaya, 2008). به عبارتی، کاهش وابستگی به کودهای شیمیایی از طریق فرآیندهای بیولوژیکی تثبیت نیتروژن اتمسفری توسط میکروارگانیسم‌هایی که می‌توانند به شکل کودهای بیولوژیک مورد استفاده قرار گیرند، می‌تواند در توسعه کشاورزی پایدار، کم نهاده و یا کشاورزی ارگانیک مؤثر باشد (Kizilkaya, 2008; Ozturk et al., 2003). در این راستا، استفاده از باکتری‌های آزادزی و هوازی در خاک مانند *ازتوباکتر* (*Azotobacter* sp.) و *آزوسپیریلوم* (*Azospirillum* sp.) و نیز استفاده از ارتباط میکوریزایی به شکل کودهای بیولوژیک می‌توانند به طور ویژه مورد توجه باشد (Kizilkaya, 2008; Turk et al., 2006; Ozturk et al., 2003). کومار و نارولا (Kumar & Narula, 1999) به نقش مؤثر *ازتوباکتر* در حل کردن فسفات و نیز تولید هورمون ایندول استیک اسید توسط این باکتری در ناحیه ریزوسفر *گندم* (*Triticum aestivum* L.) اشاره کردند. *آزوسپیریلوم* نیز که همانند *ازتوباکتر* به عنوان یک دیازوتروف فیزیولوژیکی و هوازی شناخته می‌شود، علاوه بر تثبیت نیتروژن، می‌تواند در تولید هورمون‌های تحریک‌کننده رشد مانند جیبرلین و اکسین و نیز افزایش حلالیت و فراهمی عناصری مانند پتاسیم، فسفر و آهن مؤثر باشد (Dordipour et al., 2010; Ozturk et al., 2003). در این ارتباط دست برهان و همکاران (Dastborhan et al., 2010) گزارش کردند که تلقیح با باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* به طور معنی‌داری سبب بهبود ارتفاع بوته، قطر ساقه اصلی، تعداد گل در بوته، وزن خشک گل، برگ، ساقه و وزن خشک بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) گردید. اثرات مثبت میکوریزا نیز می‌تواند در ارتباط با نقش مؤثر این قارچ در حفظ و بهبود ساختار خاک، جذب نسبی عناصر غیر متحرک پر مصرف (مانند فسفر) و کم مصرف (مانند روی)، کاهش سمیت عناصری مانند آلومینیوم و منگنز، اثرات متقابل و مفید با میکروارگانیسم‌های خاک (مانند ریزوباکتری-های تثبیت‌کننده نیتروژن) و نیز کاهش اثرات نامطلوب پاتوژن‌ها باشد (Cardoso & Kuyper, 2006). خرم‌دل و همکاران (Khorramdel et al., 2009) به نقش مثبت کودهای بیولوژیک *ازتوباکتر*، *آزوسپیریلوم* و نیز میکوریزا در بهبود سرعت رشد محصول و نیز تجمع ماده خشک سیاهدانه اشاره کردند. درزی و همکاران (Darzi et al., 2009) نیز در دو آزمایش جداگانه نقش میکوریزا را در افزایش عملکرد دانه و نیز افزایش میزان اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill.) مثبت ارزیابی کردند. علاوه بر این، استفاده از باکتری *تیوباسیلوس* (*Thiobacillus* sp.) به شکل کود بیولوژیک، با اکسید کردن گوگرد عنصری، علاوه بر آن‌که می‌تواند منجر به افزایش جذب این عنصر توسط گیاه شود، با تولید اسید سولفوریک و در نتیجه کاهش pH خاک‌های قلیایی می‌تواند در افزایش حلالیت عناصری مانند فسفر، آهن، منگنز و روی و در نتیجه افزایش جذب آن‌ها توسط گیاه در این خاک‌ها مؤثر باشد (Foroughifar & Kasmani, 2002). سلیم پور و همکاران (Salimpour et al., 2010) گزارش کردند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات و باکتری-های اکسیدکننده گوگرد می‌توانند در افزایش جذب فسفر و نیز عملکرد روغن کلزا (*Brassica napus* L.) نقش موثری داشته باشند. محمدی آریا و همکاران (Mohammdi Aria et al., 2010) نیز گزارش کردند میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده گوگرد می‌توانند نقش مثبتی را در افزایش قابلیت جذب فسفر در اندام‌های ذرت (*Zea mays* L.) ایفا کنند.

استفاده از کودها یا بقایای آلی نیز به عنوان جایگزینی جهت

کودهای شیمیایی در کشت گیاهان دارویی مانند سیاهدانه شناخته می شود (Akbarnejad et al., 2010). این کودها از نظر اقتصادی با صرفه بوده و بر گرفته شده از محیط زیست می‌باشند. کودهای حیوانی نقش ویژه‌ای را در باز چرخش عناصر غذایی و نیز مواد آلی در اکوسیستم‌های زراعی ایفا می‌کنند که می‌توانند علاوه بر افزایش تولید و بهره‌وری گیاهان زراعی، منجر به پایداری سیستم‌های کشاورزی شوند (Limon-Ortega et al., 2008; Mando et al., 2005).

با توجه به اهمیت سیاهدانه در پزشکی، به دلیل نقش ترکیبات مؤثر آن به ویژه کوئینن[1] در درمان طیف وسیعی از بیماری‌ها مانند برونشیت، روماتیسم، فشار خون ، دیابت، آنفولانزا و حتی ایدز (Mehta et al., 2009; Hussain et al., 2009; Erkan et al., 2008)، و نیز با توجه به نقش ویژه آن به عنوان گیاهی روغنی در تغذیه انسان (Ramadan & Morsel, 2003)این آزمایش با هدف مطالعه و بررسی اثرات منابع آلی (کود گاوی) و غیر آلی (کود اوره) تأمین‌کننده نیتروژن در کنار استفاده از کودهای بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در 10 کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ´۲۸ °59 شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۵ °36 شمالی و ارتفاع 985 متر از سطح دریا) در سال زراعی 89-1388 در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و 11 تیمار به اجرا در آمد.

تیمارهای آزمایش شامل کود شیمیایی اوره، تلفیق کود شیمیایی اوره + کود بیولوژیک نیتروکسین، تلفیق کود شیمیایی اوره + میکوریزا، تلفیق کود شیمیایی اوره + کود بیولوژیک نیتروکسین + میکوریزا، تلفیق کود شیمیایی اوره + کود بیولوژیک بیوسولفور، کود گاوی، تلفیق کود گاوی + کود بیولوژیک نیتروکسین، تلفیق کود گاوی + میکوریزا، تلفیق کود گاوی + کود بیولوژیک نیتروکسین + میکوریزا، تلفیق کود گاوی + کود بیولوژیک بیوسولفور و شاهد بودند.

زمین مورد نظر جهت انجام این آزمایش در سال قبل از اجرای آزمایش به صورت آیش بود. قبل از انجام آزمایش، از خاک این زمین نمونه‌برداری تصادفی انجام گرفت که نتایج آنالیز این خاک در جدول 2 آمده است.

مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه در آذر ماه و عملیات خاکورزی ثانویه شامل دو دیسک عمود بر هم، تسطیح زمین توسط لولر و همچنین ایجاد جوی و پشته توسط فاروئر قبل از کاشت در اسفند ماه بود. هر یک از کرت‌های آزمایش با ابعاد 4×2 (هشت مترمربع) ایجاد شد. فاصله کرت‌ها از یکدیگر نیم متر، فاصله پشته‌ها از یکدیگر نیم متر و فاصله بلوک‌ها از یکدیگر یک متر بود.

اعمال 150 کیلوگرم کود شیمیایی اوره (حاوی 46 درصد نیتروژن خالص) به عنوان معیار کودی در نظر گرفته شد. اعمال کود اوره در سه مرحله قبل از کاشت (50 کیلوگرم در هکتار) و به صورت سرک در مراحل چهار برگی (همزمان با تنک کردن) و نیز قبل از شروع رشد زایشی (هر مرحله 50 کیلوگرم در هکتار) انجام شد. همچنین با توجه به این‌که در حدود نیمی از نیتروژن موجود در کود گاوی در سال اول در خاک آزاد نمی‌شود، معادل 15/34 تن در هکتار کود گاوی (حاوی 0/9 درصد نیتروژن خالص) بر اساس تیمارهای آزمایش، در یک مرحله (قبل از کاشت) به هر یک از کرت‌ها اعمال شد. به طوری‌که بر حسب تیمارهای مورد نظر و نیز با دانستن شرایط متفاوت آزاد شدن نیتروژن از منابع آلی و شیمیایی، در هر یک از کرت‌های آزمایش تقریباً میزان نیتروژن مساوی از منابع متفاوت آلی و شیمیایی اعمال شد. نتایج حاصل از آنالیز این کود گاوی نیز در جدول یک آمده است.

جهت تلقیح بذرهای سیاهدانه با میکوریزا از نژاد *Glomus mosseae* استفاده شد که همزمان با کاشت به صورت دو لایه تلقیح با خاک در بالا و پایین بذرها صورت پذیرفت. اعمال باکتری‌های *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلوم* (با جمعیتی معادل 10^8 سلول زنده از هر یک از جنس‌های باکتری در هر میلی‌لیتر[2]) در سه مرحله به‌صورت تلقیح با بذور قبل از کاشت (چهار لیتر در هکتار) و به صورت سرک (تلقیح با خاک بستر کاشت) در مراحل چهار برگی (همزمان با تنک کردن) و نیز قبل از شروع رشد زایشی (هر مرحله به میزان پنج لیتر در هکتار) انجام شد[3].

1- Quinone

2- Colony forming unit (CFU)

3- بر اساس توصیه کودی شرکت تولید کننده (شرکت زیستی مهر آسیا)

جدول 1- تعدادی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی نمونه خاک مزرعه جهت انجام آزمایش

Table 1- Some of physical and chemical properties of field soil and manure used in experiment

نمونه Sample	بافت Texture	نیتروژن (درصد) N (%)	کربن آلی (درصد) OC (%)	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم) K (ppm)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) P (ppm)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته pH
خاک Soil	لومی- سیلتی Silty- loam	0.095	0.195	5.762	0.3777	3.72	8.36
کود دامی Manure	-	0.89	20	1.2	1	6.1	6.7

همچنین اعمال *تیوباسیلوس* (با جمعیتی معادل 10^9 سلول زنده در هر گرم) به همراه مصرف گوگرد آلی بنتونیت دار (250 کیلوگرم در هکتار) در یک مرحله به صورت تلقیح با بذور انجام گرفت[1]. به منظور جلوگیری از کاهش فعالیت باکتری‌ها در مایه تلقیح (حاوی چسب گیاهی)، حداقل فاصله زمانی ممکن بین فرآیند تلقیح تا کاشت بذر در نظر گرفته شد. همچنین خشک کردن بذور تلقیح یافته در سایه و تلقیح خاک همزمان با طلوع آفتاب صورت گرفت.

عملیات کاشت در هجدهم اسفند ماه انجام شد. بذور مورد استفاده به منظور کاشت در این آزمایش، توده بذر محلی اصفهان بود. بذرهای سیاه دانه روی هشت ردیف (بر روی هر پشته دو ردیف در طرفین پشته‌ها) به طول چهار متر در هر کرت کشت شد. گیاهچه‌های سیاهدانه در مرحله چهار برگی برای رسیدن به تراکم مورد نظر (200 بوته در مترمربع) با فاصله روی ردیف دو سانتی متر تنک شدند (Norozpoor & Rezvani Moghaddam, 2007).

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و سایر آبیاری‌ها هر هفت روز یک‌بار انجام شد. آخرین آبیاری نیز دو هفته قبل از عملیات برداشت انجام شد. عملیات برداشت با زرد شدن بوته‌ها و فولیکول‌ها در هفته اول تیر ماه انجام شد. قبل از برداشت تعداد هشت بوته به طور تصادفی برداشت شد و بر اساس آن اجزای عملکرد که شامل تعداد شاخه جانبی و تعداد فولیکول در بوته، تعداد دانه در فولیکول، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در فولیکول، وزن دانه در بوته و در نهایت وزن هزار دانه بود، تعیین شد. عملکرد دانه و بیولوژیک (بر حسب کیلوگرم در هکتار) و نیز شاخص برداشت با رعایت اثر حاشیه اندازه‌گیری شد. در طول مراحل انجام آزمایش نیز از هیچ‌گونه علف‌کش و آفت‌کش استفاده نشد.

تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام گرفت. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد ($p\leq0.05$) مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

تعداد شاخه جانبی و تعداد فولیکول در بوته

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که بین تیمارهای آزمایش از نظر تعداد شاخه جانبی در بوته و نیز تعداد فولیکول در بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p\leq0.01$) (جدول 2).

نتایج نشان داد که اعمال کود اوره (150 کیلوگرم در هکتار) منجر به افزایش معنی‌دار این دو شاخص در مقایسه با تیمار شاهد شد (جدول 3). ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2010) گزارش کردند که اعمال تیمارهای مربوط به سطوح نیتروژن منجر به افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه زایشی و نیز تعداد فولیکول در سیاهدانه شد. عزیزی و کهریزی (Azizi & Kahrizi, 2004) نیز به اثرات مثبت نیتروژن در افزایش تعداد چتر در بوته زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) اشاره کردند. رحمانی و همکاران (Rahmani et al., 2010) با مشاهده اثرات معنی‌دار تیمار نیتروژن بر ارتفاع بوته، ارتفاع ساقه اصلی و تعداد ساقه فرعی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)، افزایش رشد رویشی همیشه‌بهار را به نقش مؤثر نیتروژن درساختمان کلروفیل و سنتز پروتئین‌ها نسبت داده و عنوان کردند که نیتروژن مهمترین عنصر در سنتز پروتئین‌ها بوده و افزایش آن در شرایط مطلوب و تا حدی معین منجر به توسعه رشد رویشی گیاه مانند سطح برگ، تعداد شاخه فرعی، ارتفاع و قطر ساقه می‌شود. تیمارهای ترکیبی دوگانه و سه‌گانه کود شیمیایی با کودهای بیولوژیک تفاوت معنی‌داری را با کود شیمیایی به تنهایی در تعداد شاخه جانبی در بوته دارا نبودند. (جدول 3). همچنین با وجود آن‌که اعمال کود گاوی (15/34 تن در هکتار) در مقایسه با تیمار

1- بر اساس توصیه کودی شرکت تولید کننده (شرکت زیستی مهر آسیا)

شاهد منجر به افزایش این دو شاخص شد، بین تیمارهای مربوط بـه ترکیب کودهای بیولوژیک + کود گاوی (نیتروکسین + کـود گـاوی، میکـوریزا + کـود گـاوی، نیتروکسـین + میکـوریزا + کـود گـاوی، بیوسولفور + کود گاوی) با تیمار کود گاوی به تنهایی اختلاف معنی-داری مشاهده نشد (جدول 3).

جدول 2- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تعدادی از شاخص‌های مورد مطالعه سیاهدانه در آزمایش

Table 2- Variance analysis (mean of squares) of some studied traits of black seed in experiment

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of branch per plant	تعداد فولیکول در بوته Number of follicle per plant	تعداد دانه در فولیکول Number of seed per follicle	تعداد دانه در بوته Number of seed per Plant	وزن دانه در فولیکول Seed weight per follicle	وزن دانه در بوته Seed Weight per plant	وزن هزار دانه 1000-Seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	0.13 ns	1.09 ns	112.78 *	484.58 ns	0.00017 ns	0.03 ns	0.045 ns	1245.37 ns	6631.95 ns	0.23 ns
تیمار Treatment	10	2.41 **	15.39 **	28.22 ns	135353.69 **	0.00007 ns	0.97 **	0.038 ns	26706.83 **	953909.66 **	23.50 **
خطا Error	20	0.06	0.46	26.19	3825.68	0.00021	0.01	0.025	1072.86	6861.45	1.94
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	-	6.58	6.53	5.87	6.79	5.57	3.87	5.25	5.95	3.82	5.35

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns: Are significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability and no significant, respectively.

عدم کارایی کودهای بیولوژیک بـه همـراه مصـرف کـود گـاوی ممکن است به دلیل فراهمی کافی عناصر غذایی از منبع آلی باشد که می‌تواند منجر به تأمین کافی این عناصر جهت تکمیل رشد رویشی و زایشی سیاهدانه شود. عدم کارایی کودهای بیولوژیک در کنار مصرف کود اوره نیز ممکن است به دلیل تأمین نیتروژن از منبع غیر آلی اوره و به مقدار کافی برای تکمیل رشد سیاهدانه باشد. ازتورک و همکاران (Ozturk et al., 2003) گزارش کردند کاهش کارایی *آزوسـپیریلوم* در خاک با افزایش میزان نیتروژن در نتیجه اعمال تیمارهای کـودی ممکن است به دلیل حساسیت آنزیم نیتروژناز بـه مقـدار آمونیـوم در خاک باشد که می‌تواند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن را تحت تأثیر قـرار دهد. فلاحی و همکاران (Fallahi et al., 2009) نیز گزارش کردنـد که اعمال تیمارهای نیتروکسین و نیتروکسین + باکتری‌های حل‌کننده فسفات تأثیری در افزایش تعداد شاخه اصلی و فرعـی بابونـه آلمـانی نداشت. با این وجود کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2008) اثرات کودهای بیولوژیک ماننـد نیتروکسـین و میکـوریزا در افـزایش ارتفاع، قطر بوته و نیز وزن خشـک بوتـه در گیـاه چنـد سـاله زوفـا (*Hyssopus officinalis* L.) را مثبت ارزیابی کردند. ایـن محققـین همچنین گزارش کردند که در سال دوم ویژگی‌هـای مورفولوژیـک و وزن خشک اندام‌های هوایی این گیاه در مقایسه با سال اول مقـادیر بیشتری را دارا بود.

بر این اساس، با توجه به این‌که سیاهدانه گیاهی یک‌ساله با دوره رویشی کوتاه و نیز عادت رشدی محدود است (D'Antuono et al., 2002)، تأثیر و یا عدم تأثیر کودهای بیولوژیک بر عملکرد و یا اجزای عملکرد گیاهان زراعی، ممکن است در ارتباط با طول دوره رویشی و یا عادت رشدی گیاه مورد آزمایش باشد. افزایش معنی‌دار تعداد شاخه جانبی و تعداد فولیکول در بوته سیاهدانه در نتیجه اعمال کود گـاوی در مقایسه با اعمال کود اوره نیز ممکن است به دلیل فراهمی متعادلی از عناصر کم مصرف و پر مصرف بجز نیتروژن توسط این کـود آلـی باشد که می‌تواند رشد وعملکرد سیاهدانه را تحت تأثیر قرار دهد.

جدول ۳- مقایسه میانگین تعدادی از شاخص‌های مورد مطالعه سیاهدانه تحت تأثیر تیمارهای کودی

Table 3- Means comparisons of some studied traits of black seed affecting by fertilizer treatments

تیمار Treatment	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of branch per plant	تعداد فولیکول در بوته Number of follicle per plant	تعداد دانه در فولیکول Number of seed per follicle	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن دانه در فولیکول (گرم) Seed weight per follicle (g)	وزن دانه در بوته (گرم) Seed weight per plant (g)	وزن هزار دانه (گرم) 1000-Seed weight (g)	عملکرد دانه کیلوگرم در هکتار Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک کیلوگرم در هکتار Biological yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
اوره Urea	3.28 b*	9.28 b	83.83 a	777.00 b	0.26 a	2.46 b	3.16 a	479.50 c	1671.27 e	28.65 a
اوره + نیتروکسین Urea + Nitroxin	3.33 b	8.78 b	83.07 a	708.00 b	0.26 a	2.82 b	3.14 a	510.67 c	1766.73 de	28.92 a
اوره + میکوریزا Urea + Mycorrhizae	3.17 b	8.94 b	90.01 a	801.67 b	0.26 a	2.33 b	2.91 a	483.33 c	1705.33 de	28.35 a
اوره + نیتروکسین+ میکوریزا Urea + Nitroxin + Mycorrhizae	3.05 b	8.94 b	83.05 a	741.33 b	0.26 a	2.31 b	3.13 a	530.67 c	1831.80 d	29.07 a
اوره + بیوسولفور Urea + Biosulfur	3.11 b	12.06 a	89.89 a	1085.33 a	0.26 a	3.16 a	2.92 a	595.00 b	2542.67 bc	23.41 b
کود گاوی Manure	4.56 a	12.28 a	86.96 a	1064.00 a	0.26 a	3.17 a	2.98 a	600.00 b	2461.73 c	24.38 b
کود گاوی + نیتروکسین Manure + Nitroxin	4.66 a	11.72 a	89.76 a	1052.67 a	0.26 a	3.10 a	2.95 a	605.17 b	2570.27 bc	23.53 b
کود گاوی+ میکوریزا Manure + Mycorrhizae	4.78 a	11.78 a	92.07 a	1082.33 a	0.27 a	3.15 a	2.91 a	614.17 b	2492.97 c	24.63 b
کود گاوی + نیتروکسین+ میکوریزا Manure + Nitroxin +Mycorrhizae	4.89 a	12.88 a	85.95 a	1079.00 a	0.26 a	3.23 a	3.00 a	613.83 b	2662.37 b	23.02 b
کود گاوی + بیوسولفور Manure + Biosulfur	4.78 a	12.78 a	88.27 a	1122.67 a	0.26 a	3.23 a	2.88 a	681.67 a	2990.90 a	22.79 b
شاهد Control	2.50 c	5.61 c	86.70 a	482.67 c	0.27 a	1.53 c	3.17 a	338.83 d	1153.50 f	29.36 a

* در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون دانکن در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

* Means, in each column, followed by at least one letter in common are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's Multiple Rang test.

جدول ٤- ضرایب همبستگی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه

Table 4- Correlation coefficients of yield and yield components of black seed

	تعداد شاخه جانبی در بوته Number of branch per plant	تعداد فولیکول در بوته Number of follicle per plant	تعداد دانه در فولیکول Number of seed per follicle	تعداد دانه در بوته Number of Seed per plant	وزن دانه در فولیکول Seed weight per follicle	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	وزن هزار دانه 1000- Seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تعداد شاخه جانبی در بوته Number of branch per plant	1									
تعداد فولیکول در بوته Number of follicle per plant	0.77 **	1								
تعداد دانه درفولیکول Number of seed per follicle	0.23 ns	0.09 ns	1							
تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	0.79 **	0.97 **	0.35 *	1						
وزن دانه درفولیکول Seed weight per follicle	-0.03 ns	-0.41 *	0.50 **	-0.27 ns	1					
وزن دانه در بوته Seed weight per plant	0.81 **	0.98 **	0.21 ns	0.98 **	-0.23 ns	1				
وزن هزاردانه 1000- Seed weight	-0.34 ns	-0.47 **	- 0.66 **	-0.62 **	0.29 ns	-0.44 *	1			
عملکرد دانه Seed yield	0.74 **	0.92 **	0.09 ns	0.89 **	-0.33 ns	0.90 **	-0.44 *	1		
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.81 **	0.95 **	0.21 ns	0.95 **	-0.24 ns	0.95 **	-0.47 **	0.95 **	1	
شاخص برداشت Harvest index	-0.76 **	-0.82 **	-0.33 ns	- 0.86 **	0.05 ns	-0.87 **	0.41 *	-0.69 **	-0.88 **	1

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد و عدم اختلاف معنی‌دار

*, ** and ns: Are significant at the 0.05 and 0.01 levels of probability and no significant, respectively.

تعداد دانه در فولیکول و در بوته

نتایج حاصل از تجزیه واریانس حاکی از آن بود که بین تیمارهای آزمایش تفاوت معنی‌داری از نظر تعداد دانه در فولیکول سیاهدانه وجود نداشت (جدول 2). با این وجود نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مربوط به کود اوره و کود گاوی بر تعداد دانه در بوته سیاهدانه معنی-دار بود ($p\leq0.01$) (جدول 3). موسی زاده و همکاران (Moosazadeh et al., 2010) نیز گزارش کردند که اثر زمان محلول‌پاشی اوره بر تعداد دانه در فولیکول سیاهدانه معنی‌دار بود. با وجود اثر معنی‌دار کود گاوی در افزایش تعداد دانه در بوته، بین تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک + کود گاوی با تیمار کود گاوی به تنهایی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. از سویی با وجود عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای نیتروکسین + کود اوره، میکوریزا + کود اوره، نیتروکسین + میکوریزا + کود اوره با تیمار کود اوره، اعمال بیوسولفور + کود اوره منجر به افزایش معنی‌دار تعداد دانه در بوته در مقایسه با تیمار کود اوره شد (جدول 3). با توجه به قلیایی بودن pH زمین محل انجام آزمایش (جدول 1) به نظر می‌رسد که اثرات مثبت کود بیولوژیک بیوسولفور (حاوی *تیوباسیلوس*) در ارتباط با کاهش pH خاک و در نتیجه افزایش فراهمی عناصری مانند فسفر، آهن و نیز روی باشد (Foroughifar & Kasmani, 2002).

وزن دانه در فولیکول و در بوته

همانند تعداد دانه در فولیکول، اعمال تیمارهای مربوط به کودهای آلی و بیولوژیک تأثیر معنی‌داری را بر وزن دانه در فولیکول سیاهدانه منجر نشدند. با این وجود وزن دانه در بوته همانند تعداد دانه در بوته سیاهدانه تحت تأثیر تیمارهای آزمایش قرار گرفت ($p\leq0.01$) (جدول 3). با وجود اثر معنی‌دار کود گاوی در افزایش وزن دانه در بوته، بین تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک + کود گاوی با تیمار کود گاوی به تنهایی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. از سویی با وجود عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای نیتروکسین + کود اوره، میکوریزا + کود اوره، نیتروکسین + میکوریزا + کود اوره با تیمار کود اوره، اعمال بیوسولفور + کود اوره منجر به افزایش معنی‌دار وزن دانه در بوته در مقایسه با تیمار کود اوره شد (جدول 3). همان‌طور که پیشتر ذکر شد، اثرات مثبت کود بیوسولفور می‌تواند در ارتباط با کاهش pH خاک باشد.

وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که وزن هزار دانه سیاهدانه تحت تأثیر تیمارهای مورد مطالعه قرار نگرفت (جدول 2). ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2010) گزارش کردند که اعمال تیمارهای مربوط به سطوح نیتروژن تأثیری بر وزن هزار دانه سیاهدانه نداشت. جوادی (Javadi, 2008) گزارش کرد که اثر تاریخ کاشت، مقادیر مختلف کود نیتروژن و اثر متقابل آن‌ها بر وزن هزار دانه و نیز تعداد دانه در فولیکول سیاهدانه معنی‌دار نبود. موسی زاده و همکاران (Moosazadeh et al., 2010) بیان کردند که اثر تیمارهای مربوط به عدم محلول‌پاشی و محلول‌پاشی اوره در مراحل مختلف رشد سیاهدانه و نیز تراکم مختلف کاشت بر وزن هزار دانه سیاهدانه معنی‌دار نبود. این محققین همچنین گزارش کردند که شاخص تعداد دانه در فولیکول سیاهدانه تحت تأثیر تراکم‌های مختلف کاشت سیاهدانه قرار نگرفت. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2010) نیز گزارش کردند که اعمال تیمارهای مربوط به کودهای آلی و بیولوژیک منجر به افزایش وزن دانه در چتر و نیز وزن هزار دانه رازیانه نشد. به نظر می‌رسد که صفات تعداد دانه در فولیکول، وزن دانه در فولیکول و وزن هزار دانه سیاهدانه از جمله شاخص‌هایی است که تحت کنترل ژنتیکی بوده و از توارث‌پذیری بالایی برخوردار است؛ به طوری‌که کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد (Javadi, 2008).

عملکرد دانه و بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن بود که بین تیمارهای آزمایش از نظر عملکرد دانه و بیولوژیک اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p\leq0.01$) (جدول 2). نتایج نشانگر آن بود که اعمال کود اوره منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک سیاهدانه در مقایسه با تیمار شاهد (بدون اعمال هیچ گونه کودی) شد (جدول 3). ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2010) گزارش کردند که اعمال سطوح مربوط به نیتروژن تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک سیاهدانه داشت. عزیزی و کهریزی (Azizi & Kahrizi, 2008) نیز به اثرات مثبت کود اوره در افزایش عملکرد دانه و نیز عملکرد بیولوژیک زیره‌سبز اشاره کردند. نتایج نشان داد که به جز

تیمار کود بیولوژیک بیوسولفور + کود اوره، اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مربوط به ترکیب سایر کودهای بیولوژیک + کود اوره، با تیمار کود اوره به تنهایی مشاهده نشد (جدول 3). همچنین با وجود افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک سیاهدانه در نتیجه اعمال کود گاوی، به جز تیمار بیوسولفور+ کود گاوی، اثر سایر تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک + کود گاوی در مقایسه با تیمار کود گاوی به تنهایی معنی‌دار نبود (جدول 3). از سویی در بین تیمارهای آزمایش، اعمال تیمار کود گاوی + بیوسولفور، علاوه بر آن- که به طوری معنی‌دار، بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک را باعث شد، در مقایسه با تیمار شاهد، عملکرد دانه و بیولوژیک را تا حدود دو برابر افزایش داد (جدول 3). گودرزی (Goodarzi, 2001) نیز گزارش کرد که در مقایسه با تیمار شاهد، مصرف توام گوگرد و کمپوست منجر به افزایش قابل توجه غلظت فسفر (78 درصد)، پتاسیم (73 درصد)، آهن (68 درصد)، منگنز (42 درصد)، روی (64 درصد) و مس (54 درصد) در دانه گندم شد. این محقق همچنین به اثرات مثبت افزایش عملکرد گندم در نتیجه اعمال گوگرد به همراه کمپوست اشاره کرد. افزایش معنی‌دار عملکرد سیاهدانه در تیمار مربوط به اعمال کود گاوی در مقایسه با تیمار کود اوره، ممکن است به دلیل فراهمی متعادلی از عناصر غذایی در کود گاوی (به عنوان منبع آلی نیتروژن)، آزاد شدن تدریجی نیتروژن و سایر عناصر از منبع آلی در طول دوره رشد و افزایش آبشویی و تلفات نیتروژن در کود اوره (به عنوان منبع غیر آلی نیتروژن) باشد (جدول 3).

شاخص برداشت

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای آزمایش از نظر شاخص برداشت سیاهدانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($p\leq0.01$) (جدول 2). نتایج نشان داد که اعمال تیمارهای مربوط به کود گاوی منجر به کاهش معنی‌دار شاخص برداشت سیاهدانه در مقایسه با تیمار شاهد شد؛ به طوری‌که با افزایش عملکرد دانه و بیولوژیک در نتیجه اعمال این تیمار، شاخص برداشت سیاهدانه رو به کاهش گذاشت (جدول 3). به عبارتی با افزایش فراهمی عناصر غذایی به دلیل اعمال این تیمار کودی و در نتیجه افزایش رشد سیاهدانه، نسبت تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه کاهش یافت. ملافیلابی و همکاران (Mollafilabi et al., 2010) گزارش کردند که بین سطوح مختلف نیتروژن (صفر، 50، 100 و 150 کیلوگرم در هکتار) با شاخص برداشت سیاهدانه همبستگی منفی وجود داشت. مرادی و همکاران (Moradi et al., 2010) نیز گزارش کردند که اعمال تیمارهای مربوط به کودهای آلی و بیولوژیک منجر به کاهش معنی‌دار شاخص برداشت رازیانه در مقایسه با تیمار شاهد شد. این محققین همچنین بیان کردند که روند تغییرات شاخص برداشت در رازیانه در نتیجه اعمال تیمارهای کودی، عکس عملکرد اقتصادی و بیولوژیک بود. با این وجود نتایج نشان داد که بین تیمار کود اوره و شاهد اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص برداشت سیاهدانه وجود نداشت (جدول 3). به نظر می‌رسد استفاده از کود بیولوژیک بیوسولفور و کود گاوی از طریق کاهش pH خاک شرایط را برای جذب عناصر غذایی فراهم کرده که خود باعث تحریک رشد رویشی بیشتر در تیمارهایی که کود سولفور و کود گاوی در آن‌ها استفاده شده بود گردید. به طوری‌که نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها حاکی از پایین بودن شاخص برداشت در این تیمارها بود. در بین تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک با کود اوره نیز، به جز تیمار کود بیوسولفور + کود اوره که به طور معنی‌دار منجر به کاهش شاخص برداشت سیاهدانه شد، اثر سایر تیمارهای مربوط به ترکیب کودهای بیولوژیک + کود اوره در مقایسه با تیمار شاهد بر شاخص برداشت سیاهدانه معنی‌دار نبود (جدول 3). همچنین با وجود کاهش معنی‌دار شاخص برداشت سیاهدانه در نتیجه اعمال کود گاوی، بین تیمارهای مربوط به ترکیب کود بیولوژیک + کود گاوی و تیمار مربوط به کود گاوی به تنهایی، اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص برداشت مشاهده نشد (جدول 3). به نظر می‌رسد که کودهای بیولوژیک میکوریزا و نیتروکسین، نقشی در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز برای رشد سیاهدانه نداشتند.

همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج حاصل از همبستگی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد سیاهدانه حاکی از آن بود که به جز شاخص‌های تعداد فولیکول در بوته و تعداد دانه در فولیکول، سایر صفات دارای همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه بودند (جدول 4). از طرفی همبستگی معنی‌دار و منفی شاخص برداشت با عملکرد دانه نشانگر آن است که با افزایش عملکرد دانه در نتیجه اعمال تیمارهای کودی، شاخص برداشت در سیاهدانه رو به کاهش گذاشت. همچنین وجود همبستگی مثبت عملکرد دانه با تعداد و وزن دانه در بوته و نیز

همبستگی منفی وزن هزار دانه با عملکرد دانه می‌تواند نشانگر آن باشد که وزن هزار دانه سیاهدانه نقش چندانی در تعیین عملکرد نهایی سیاهدانه نداشته است. به عبارتی دیگر با اعمال تیمارهای کودی و در نتیجه افزایش عملکرد، افزایش در تعداد و وزن دانه در بوته سیاهدانه نه تنها می‌تواند کاهش وزن هزار دانه را جبران کند، بلکه می‌تواند منجر به افزایش عملکرد دانه شود.

نتیجه‌گیری

با وجود اثرات مثبت کودهای بیولوژیک بر عملکرد گیاهان زراعی، نتایج این آزمایش نشان داد که به طور کلی، به جز کود بیولوژیک بیوسولفور، سایر کودهای بیولوژیک نقشی در افزایش عملکرد سیاهدانه نداشتند. نتایج آزمایش این نکته را مورد تأکید قرار داد که نبود شرایط مطلوب در خاک به ویژه از نظر فراهمی مواد آلی و نیز pH مناسب می‌تواند منجر به کاهش و یا عدم کارایی استفاده از کودهای بیولوژیک شود. با در نظر گرفتن نقش ویژه نهاده‌های طبیعی مانند کودهای بیولوژیک در توسعه کشاورزی پایدار، به نظر می‌رسد که در مناطق دارای خاک‌های آهکی، کاربرد کودهای آلی (مانند کود گاوی) در کنار استفاده از کود بیولوژیک بیوسولفور می‌تواند در کاهش مشکلات ناشی از کودهای شیمیایی مفید باشد.

سپاسگزاری

هزینه‌های اجرای این تحقیق توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و دانشکده کشاورزی و از محل بودجه گرانت با کد 16059 تأمین شده است، لذا بدینوسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

Akbarnejad, F., Astaraei, A.R., Fotovat, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on yield and heavy metal accumulation in soil and black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 2: 600-608. (In Persian with English Summary)

Azizi, K., and Kahrizi, D. 2008. Effect of nitrogen levels, plant density and climate on yield quantity and quality in cumin (*Cuminum cyminum* L.) under the conditions of Iran. Asian Journal of Plant Sciences 7: 710-716.

Cardoso, I.M., and Kuyper, T.W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 72-84.

D'Antuono, L.F., Moretti, A., and Lovato, A.F.S. 2002. Seed yield, yield components, oil content and essential oil content and composition of *Nigalla sativa* L. and *Nigella damascena* L. Industrial Crops and Product 15: 59-69.

Darzi, M.T., Ghalavand, A., and Rejali, F. 2009. The effects of biofertlizers application on N, P, K assimilation and seed yield in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plant 25: 1-19. (In Persian with English Summary)

Darzi, M.T., Ghalavand, A., Sefidkon, F., and Rejali, F. 2009. The effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphatic biofertilizer application on quantity and quality of essential oli in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 24: 396-413. (In Persian with English Summary)

Dastborhan, S., Zehtab-Salmasi, S., Nasrollahzadeh, S., and Tavassoli, A.R. 2010. Effect of some plant growth promoting rhizobacteria and nitrogen fertilizer on morphological characteristics of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). Journal of Agroecology 2: 565-573. (In Persian with English Summary)

Dawson, J.C., Huggins, D.R., and Jones, S.S. 2008. Characterizing nitrogen use efficiency in natural and agricultural ecosystems to improve the performance of cereal crops in low-input and organic agricultural systems. Field Crops Research 107: 89-101.

Dordipour, E., Farshadirad, A., and Arzanesh, M.H. 2010. Effect of *Azotobacter chrococoum* and *Azospirillum lipoferum* on the release of soil potassium in pot culture of soybean (*Glycine max* var. Williams). Journal of Agroecology 2: 593-599. (In Persian with English Summary)

Erkan, N., Ayranci, G., and Ayranci, E. 2008. Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmaric acid and sesamol. Food Chemistry 110: 76-82.

Fallahi, J., Koocheki, A., and Rezvani Moghaddam, P. 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria recutita*) as a medicinal plant. Iranian Journal of Field Crops Research 7: 127-135. (In Persian with English Summary)

Foroughifar, H., and Kasmani, M.E. 2002. Soil Science and Management. Ferdowsi University of Mashhad Press,

Mashhad, Iran 340 pp. (In Persian)

Goodarzi, K. 2001. Enhancing effects of sulfur and compost on nutrient availability and wheat yield. Soil and Water Sciences 15: 154-166. (In Persian with English Summary)

Guarda, G., Padovan, S., and Delogu, G. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. European Journal of Agronomy 21: 181-192.

Hussain, A., Nadeem, A., Ashraf, I., and Awan, M. 2009. Effect of weed competition periods on the growth and yield of black seed (*Nigella sativa* L.). Pakistan Journal of Weed Science Research 15: 71-81.

Javadi, H. 2008. Effect of planting dates and nitrogen rates on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6: 59-66. (In Persian with English Summary)

Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Ghorbani, R. 2009. Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 6: 285-294. (In Persian with English Summary)

Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33: 150-156.

Koocheki, A., Tabrizi, L., and Ghorbani, R. 2008 Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 6: 127-137. (In Persian with English Summary)

Kumar, V., and Narula, N. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum* mutants. Biology and Fertility of Soils 28: 301-305.

Limon-Ortega, A., Govaerts, B., and Sayre, K.D. 2008. Straw management, crop rotation, and nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. European Journal of Agronomy 29: 21-28.

Mando, A., Ouattara, B., Sédogo, M., Stroosnijder, L., Ouattara, K., Brussaard, L., and Vanlauwe, B. 2005. Long-term effect of tillage and manure application on soil organic fractions and crop performance under Sudano-Sahelian conditions. Soil and Tillage Research 80: 95-101.

Mehta, B.K., Pandit, V., and Gupta, M. 2009. New principle from seeds of *Nigella sativa*. Natural Product Research 23: 138-148.

Mitsch, W.J. 1998. Ecological engineering-the 7 year itch. Ecological Engineering 10: 119-138.

Mohammdi Aria, M., Lakzian, A., and Haghnia, G. 2010. The effect of inoculants of *Thiobacillus* and *Aspergillus* on corn growth. Iranian Journal of Field Crops Research 6: 82-89. (In Persian with English Summary)

Mollafilabi, A., Rashed, M.H., Moodi, H., and Kafi, M. 2010. Effect of plant density and nitrogen on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa* L.). Acta Horticulturae 85: 115-126.

Moosazadeh, M., Baradaran, R., and Seghatol Eslami, M.J. 2010. Response of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) canopy, leaf chlorophyll and yield to nitrogen fertilizer application methods. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 42-48. (In Persian with English Summary)

Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2010. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 625-635. (In Persian with English Summary)

Norozpoor, G., and Rezvani Moghaddam, P. 2007. Effect of different irrigation intervals and plant density on oil yield and essences percentage of black cumin (*Nigella sativa*). Pajouhesh and Sazandegi 73: 133-138. (In Persian with English Summary)

Ozturk, A., Caglar, O., and Sahin, F. 2003. Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. Journal of Plant Nutrition and Soil Science 166: 262-266.

Rahmani, N., Daneshian, J., Valadabadi, S.A.R., and Bigdeli, M. 2010. Effects of water deficit stress and application of nitrogen on yield and growth characteristics of calendula (*Calendula officinalis*). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 443-450. (In Persian with English Summary)

Ramadan, F.M., and Morsel, J.T. 2003. Analysis of glycolipids from black cumin (*Nigella sativa* L.), coriander (*Coriandrum sativum* L.) and niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) oilseeds. Food Chemistry 80: 197-204.

Rodrigues, M.A., Pereira, A., Cabanas, J.E., Dias, L., Pires, J., and Arrobas, M. 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. European Journal of Agronomy 25: 328-335.

Salimpour, S., Khavazi, K., Nadian, H., Besharati, H., and Miransari, M. 2010. Enhancing phosphorous availability to canola (*Brassica napus* L.) using P solubilizing and sulfur oxidizing bacteria. Australian Journal of Crop Science 4:

330-334.

Seyyedi, S.M., and Rezvani Moghaddam, P. 2011. Yield, yield components and nitrogen use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.) in mushroom compost, biological fertilizer and urea application. Journal of Agroecology 3: 309-319. (In Persian with English Summary)

Turk, M.A., Assaf, T.A., Hameed, K.M., and Al-Tawaha, A.M. 2006. Significance of mycorrhizae. World Journal of Agricultural Sciences 2: 16-20.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 598-611

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 611-598

The Effect of Different Fertilizer Management on Yield and Yield Components of Black Seed (*Nigella sativa* L.)

P. Rezvani Moghaddam[1*], S.M. Seyedi[2] and M. Azad[3]

Submitted: 00-00-00
Accepted: 00-00-00

Rezvani Moghaddam, P., Seyedi, S.M., and Azad, M. 2017. The effect of different fertilizer management on yield and yield components of black seed (*Nigella sativa* L.). Journal of Agroecology 8(4): 598-611.

Introduction

Given the importance of nitrogen for improving the quantitative and qualitative yield of crops (Rodrigues et al., 2006) and the need for application of chemical fertilizers in intensive agriculture to get the maximum production, nitrogen supply in adequate amounts by ecologically avowed resources is known as one of the main challenges during transition from conventional to organic farming (Rodrigues et al., 2006).

Considering the sustainable nitrogen management, reconstruction and rehabilitation of agroecosystems depends on reduction the nitrogen losses due to leaching, soil erosion and volatilization (Kizilkaya, 2008). For this purpose, the use of eco-friendly bio based fertilizers that are derived from natural origin, known as effective and enforceable approaches. In this regards, the proper use of manure and free-living aerobic bacteria of soils, such as *Azotobacter* and *Azospirillum* as well as mycorrhizal inoculation which can be used as a biological fertilizers, can particularly be considered (Kizilkaya, 2008).

With regard to all mentioned above, the current study was aimed to evaluate the effects of biological, organic and inorganic resources of nitrogen on yield and yield components of black seed (*Nigella sativa* L.).

Materials and methods

The field experiment was conducted at Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, in years of 2009-2010. Experimental site was located in a semi-arid region, Khorasan Province, Northeast of Iran. The soil texture was silty loam, pH 8.36, electrical conductivity 3.72 $dS.m^{-1}$, total N 0.095% and 0.195% organic carbon. The available P and K contents were 5.76 and 0.378 ppm, respectively.

Experimental design was arranged by using a completely randomized block design with three replications. Experimental treatments included chemical fertilizer (urea), urea + nitroxin, urea + mycorrhizae, urea + nitroxin + mycorrhizae, urea + biosulfur, manure, manure + nitroxin, manure + mycorrhizae, manure + nitroxin + mycorrhizae, manure + biosulfur and control.

Plots were designed with 4 m long and 2 m width (8 m^2), 0.5 m apart each other. Seed sowing was done at 18th March on both sides of the furrows. Final plant density was determined equal to 200 plants m^{-2}. At maturity stage, number of branch per plant, number of follicle per plant, seed weight per follicle and 1000- seed weight were determined based on randomly selection of eight plant. Moreover, grain and biological yields as well as harvest index of black seed were measured by considering the side effects.

For statistical analysis, Duncan multiple range test ($p \leq 0.05$) was used to separate the experimental means using SAS 9.1 software.

Results and discussion

According to the results, effects of urea and cow manure treatments on grain and biological yields of black seed were significant. However, cow manure, in comparison with urea fertilizer, had more significant effects in increasing mentioned traits of black seed. For instance, cow manure treatment increased grain yield by 25%, compared with urea treatment.

Generally, advantages of manure in comparison with chemical fertilizer can be related to the slow and more balanced release of nutrient contents as well as improving the physical and chemical soil characteristics over

1, 2 and 3- Professor, PhD student and MSc student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: rezvani@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.51327

growing season. On the other hand, the results showed that biological fertilizers had no effects in increasing grain and biological yields of black seed, except biosulfur treatment.

From the results, there was a positive correlation between 1000- seed weight with grain yield. Moreover, similar correlations were found between number of branch per plant and grain yield, number of follicle per plant and grain yield as well as seed weight per follicle and grain yield. Nonetheless, relationship between harvest index and grain yield was determined as a negative correlation. These results are in agreement with those of Moradi et al. (2010) who found a significant decrease in harvest index of Fennel (*Foeniculum Vulgare* L.) affected by organic and biological fertilizers. It seem that under no application of organic or chemical fertilizers, black seed mother plants prefer to allocate more assimilation materials to the reproductive growth; therefore, plant harvest index can be increased possibly.

Conclusion

In sustainable agriculture, applying eco-friendly input can be considered as a principle approach for increasing plant production. Therefore, in regions with alkalic soils, applying the organic fertilizer (such as cow manure) and biological biofertilizer (e.g. biosulfure) can be suitable in reducing the problems caused by consecutive and excessive using of chemical fertilizers.

Keywords: *Azotobacter*, *Azospirillum*, Cow manure, Mycorrhizae, Sulfur, *Thiobacillus*

References

Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering 33: 150-156.

Moradi, R., Rezvani Moghaddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2010. The effect of application of organic and biological fertilizers on yield, yield components and essential oil of *Foeniculum vulgare* (Fennel). Iranian Journal of Field Crops Research 7: 625-635. (In Persian with English Summary)

Rodrigues, M.A., Pereira, A., Cabanas, J.E., Dias, L., Pires, J., and Arrobas, M. 2006. Crops use-efficiency of nitrogen from manures permitted in organic farming. European Journal of Agronomy 25: 328-335.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 612-627

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 627-612

ارزش اقتصادی خدمات بوم‌نظام‌های تولیدی گندم (*Triticum aestivum* L.) استان خراسان رضوی

علیرضا کوچکی[1*]، مهدی نصیری محلاتی[1]، افسانه امین غفوری[2]، منصوره محلوجی راد[2] و فرنوش فلاح پور[2]

تاریخ دریافت: 1392/02/03
تاریخ پذیرش: 1392/10/25

کوچکی، ع.ر.، نصیری محلاتی، م.، امین غفوری، ا.، محلوجی راد، م.، و فرنوش فلاح پور، ف. 1395. ارزش اقتصادی خدمات بوم‌نظام‌های تولیدی گندم (*Triticum aestivum* L.) استان خراسان رضوی. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 627-612.

چکیده

بوم‌نظام‌های طبیعی و زراعی به دلیل ماهیت چند کارکردی خود علاوه بر تولید غذا، علوفه، پوشاک، سوخت و دارو خدمات متنوع و با ارزش دیگری را نیز ارائه می‌کنند که اهمیت اقتصادی آن‌ها پنهان مانده است. ارزش گذاری خدمات بوم‌نظام مناسب‌ترین راه حل برای جلب توجه جامعه و سیاست گذاران به این خدمات و در نتیجه تلاش در جهت حفظ و ارتقاء آن‌ها می‌باشد. در این پژوهش ارزش اقتصادی خدمات و تبعات محیطی ناشی از روش‌های مدیریت در مزارع گندم (*Triticum aestivum* L.) استان خراسان رضوی در طی سال‌های 85-1370 مورد بررسی قرار گرفت. اطلاعات لازم از طریق پرسشنامه‌های تکمیل شده در 40 مزرعه گندم که از نظر مساحت، روش مدیریت و میزان مصرف نهاده‌ها متفاوت بودند استخراج گردید. با توجه به اطلاعات حاصل، ارزش شش نوع از خدمات اکوسیستمی این مزارع (تولید غذا و علوفه، ترسیب کربن، تولید اکسیژن، تنوع زیستی، حفظ رطوبت و گردشگری) و دو مورد تبعات منفی آن‌ها (تولید گازهای گلخانه‌ای و نشت نیتروژن و فسفر به محیط) بر اساس بهای دلار (معادل ریالی ارزش دلار در سال 2007 میلادی) برآورد گردید. نتایج نشان داد که میانگین ارزش کل خدمات اکوسیستم در مزارع تحت بررسی با کسر ارزش تبعات منفی معادل $66/85 \times 10^6$ ریال در هکتار در سال بود. خدمات اتمسفری (تولید اکسیژن و ترسیب کربن) در حدود 65 درصد از ارزش کل خدمات در مزارع گندم را به خود اختصاص دادند در حالی‌که ارزش غذا و علوفه تولید شده در مزارع که مهمترین خدمات اکوسیستم‌های زراعی محسوب می‌شوند 21 درصد و تنوع زیستی 9/3 درصد از ارزش کل را شامل می‌شدند. سهم سایر موارد از ارزش کل خدمات در مزارع تحت بررسی ناچیز و کمتر از پنج درصد بود. به طور کلی ارزش خدمات غیرقابل فروش در حدود 60 درصد بیشتر از ارزش غذا و علوفه تولید شده بود. بر اساس یافته‌های این تحقیق با افزایش عملکرد گندم به بالاتر از چهار تن در هکتار، ارزش کل خدمات اکوسیستم کاهش یافت در حالی‌که با افزایش ارزش خدمات تأمین کننده (غذا و علوفه)، هزینه تبعات منفی محیطی افزایشی خطی داشت.

واژه‌های کلیدی: تبعات محیطی، ترسیب کربن، تنوع زیستی، گازهای گلخانه‌ای

مقدمه

اکوسیستم‌ها سطحی از سلسله مراتب اکولوژیکی هستند که فرایندهای کلیدی مانند چرخه‌های آب، کربن، عناصر غذایی و تولید اولیه در آن‌ها شکل گرفته و قابل اندازه‌گیری می‌باشد (Tilman et al., 2002). این فرایندها باعث بروز کارکردهای متعددی در طی فعالیت اکوسیستم‌ها می‌گردد که مبنای شکل‌گیری خدمات اکوسیستمی می‌باشند (Ghermand et al., 2012). بنا به تعریف خدمات اکوسیستم[3] عبارتند از "شرایط و فرایندهایی که از طریق آن اکوسیستم‌های طبیعی و گونه‌هایی که ساختار آن را تشکیل می‌دهند

1 و 2- به ترتیب استاد گروه زراعت و دانش آموخته دکترای اگرواکولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.51347

3- Ecosystem services

تداوم حیات انسان را تضمین کرده و نیازهای او را تأمین می‌کنند" (Daily, 1997). خدمات اکوسیستم بسیار متنوع بوده و دارای ابعاد اکولوژیکی، اجتماعی و فرهنگی می‌باشند و تعیین ارزش آن‌ها به صورت قیمت‌گذاری شده، ساده‌ترین راه برای آگاه کردن جامعه و سیاست گذاران از اهمیت آن‌ها است. این اطلاعات به علاوه به جامعه این آگاهی را می‌دهد که برای جبران این خدمات چه بهای سنگینی باید پرداخت شود (Pyn & sand, 2011).

خدمات ارائه شده توسط اکوسیستم‌ها را به طور کلی می‌توان در چهار گروه اصلی قرار داد که عبارتند از: 1) خدمات تأمین کننده[1] شامل غذا، پوشاک، سوخت، آب، دارو و منابع ژنتیکی؛ 2) خدمات تنظیم‌کننده[2] شامل تنظیم اقلیم، کنترل آفات و بیماری‌ها، تنظیم چرخه‌های آب، جلوگیری از بلایای طبیعی (طوفان و سیل)، تنظیم کیفیت هوا و گرده‌افشانی؛ 3) خدمات فرهنگی[3] شامل زیباسازی و اماکن تفرج‌گاهی؛ و 4) خدمات حمایتی[4] که در برگیرنده کلیه فرآیندهایی است که شکل‌گیری خدمات قبلی را پشتیبانی می‌کند نظیر چرخه‌های عناصرغذایی، چرخه آب و تشکیل خاک (MEA, 2010; TEEB, 2005).

مطالعات نشان می‌دهد که ارزش اقتصادی خدمات اکوسیستم بسیار زیاد می‌باشد. برای مثال، ارزش 17 مورد از انواع متعدد خدمات اکوسیستم‌ها (طبیعی و مصنوعی) در مقیاس جهانی سالانه معادل 33 تریلیون دلار برآورد شده و ارزش سالانه خدمات کنترل بیولوژیکی در تولید گیاهان زراعی در مقیاس جهانی بیش از 400 میلیارد دلار تخمین زده می‌شود و قیمت آن تنها در آمریکا 4/5 میلیارد دلار در سال است (Norris et al., 2010).

اکوسیستم‌های زراعی بزرگ‌ترین اکوسیستم‌های مدیریت شده در جهان می‌باشند و مدیریت رایج این اکوسیستم‌ها بر بهره‌گیری از خدمات تأمین کننده آن‌ها یعنی تولید غذا، علوفه، پوشاک و سوخت متمرکز است. البته در جریان فرآیند تولید این مواد در اکوسیستم‌های زراعی انواع مختلفی از خدمات تنظیم کننده، حمایتی و فرهنگی نیز شکل خواهند گرفت (Madureira et al., 2007) که ارزش آن‌ها قابل توجه است. برای مثال، تقریباً 75 درصد از کل محصولات زراعی جهان که تحت مدیریت انسان قرار می‌گیرند برای گرده‌افشانی به خدمات اکوسیستم نیاز دارند (OECD, 2002). ارزش سالانه خدمات گرده افشانی در حدود 153 میلیارد یورو برآورد شده‌است که حدود 10 درصد از کل ارزش تولیدات کشاورزی جهان می‌باشد (Fitter et al., 2010).

البته اکوسیستم‌های زراعی تبعات زیست محیطی[5] نیز به همراه دارند که تولید گازهای گلخانه‌ای، نشت بقایای کود و سموم شیمیایی به آب و خاک، فرسایش خاک، کاهش تنوع زیستی و تخریب زیستگاه‌های حیات وحش از جمله آن‌ها محسوب می‌شوند (Pretty et al., 2000; Dale & Polasky, 2007; Syswerda, 2009). بنابراین برای ارزیابی دقیق ارزش خدمات اکوسیستم‌های زراعی لازم است که جنبه‌های مثبت و تبعات زیست محیطی (منفی) خدمات به طور توام مورد توجه قرار گیرد.

اغلب مطالعات و برآوردهای انجام شده در رابطه با ارزش خدمات اکوسیستم مربوط به بوم‌نظام‌های طبیعی است. دی خروت و همکاران (De Groot et al., 2012) و قیمت‌گذاری خدمات اکوسیستم‌های زراعی کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از آن‌جا که ارزیابی خدمات اکوسیستمی در ایران موضوع حائز اهمیتی است که کمتر مورد بررسی قرار گرفته هدف از اجرای این تحقیق برآورد ارزش اقتصادی خدمات بوم‌نظام‌های تولید گندم (*Triticum aestivum* L.) در استان خراسان رضوی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه در 40 مزرعه تولید گندم آبی در شهرستان‌های مختلف استان خراسان در سال زراعی 91-1390 انجام شد. اطلاعات لازم برای ارزیابی خدمات اکوسیستم از طریق پرسشنامه‌هایی که به این منظور تهیه شده بود جمع‌آوری گردید. هر پرسشنامه مشتمل بر سوالاتی بود که علاوه بر ویژگی‌های اقتصادی-اجتماعی کشاورزان نظیر نوع مالکیت، درآمد سالانه، جمعیت، سطح تحصیلات اطلاعاتی را در مورد وضعیت مدیریت زراعی و نیز عملکرد گندم فراهم می‌ساخت. به علاوه پرسش‌هایی نیز در ارتباط با خدمات اکوسیستم

1- Provisioning services
2- Regulating services
3- Cultural services
4- Supporting services
5- Negative externalities

مطرح شده بود.

نتایج استخراج شده از پرسشنامه‌ها نشان داد که 67 درصد از جمعیت مستقیماً به کشاورزی اشتغال داشتند و 90 درصد مزارع در مالکیت کشاورزان قرار داشت. 93 درصد از گندم کاران تحت بررسی با سواد و 22 درصد دارای تحصیلات دانشگاهی بودند. از نظر وسعت نیز 59 درصد مزارع کمتر از پنج هکتار، 17 درصد بیش از 20 هکتار و 34 درصد باقیمانده مساحتی بین پنج تا 20 هکتار داشتند.

در گزارش ارزیابی هزاره، 22 مورد خدمات اکوسیستم در پنج گروه اصلی تعریف شده اند (MEA, 2005) که می‌توان ارزش اقتصادی آن‌ها را برآورد کرد. البته قیمت گذاری دقیق این 22 مورد حتی در اکوسیستم‌های طبیعی نیز بسیار دشوار است و در جامع‌ترین مطالعات نیز تمامی آن‌ها به طور کامل ارزش گذاری نشده‌اند (Costanza, 2007; De Groot, 2002). به علاوه برخی از این موارد در اکوسیستم‌های زراعی به صورت عام وجود ندارد. برای مثال تولید داروهای گیاهی یا مواد معطره که از خدمات اکوسیستم‌های طبیعی است، صرفاً در اکوسیستم‌های زراعی که تحت کشت این محصولات باشند فراهم می‌شود. سوخت با پوشاک (الیاف گیاهی) نیز جزء خدمات تمامی اکوسیستم‌های زراعی نمی‌باشند. از سوی دیگر خدمات اکوسیستم‌های طبیعی تماماً مثبت است در حالی‌که در اکوسیستم‌های زراعی تبعات زیست محیطی (خدمات منفی) نظیر تولید گازهای گلخانه‌ای، آلودگی‌های ناشی از مصرف کودهای شیمیایی و یا کاهش تنوع زیستی وجود دارد. بنابراین در این پژوهش آن دسته از خدماتی که امکان تحقق آن در بوم‌نظام‌های گندم فراهم بوده و به علاوه داده‌های موجود برآورد آن‌ها را امکان‌پذیر می‌ساخت مورد بررسی قرار گرفته و به علاوه، خدمات منفی اکوسیستم نیز ارزش‌گذاری شده است.

تنوع زیستی: کاهش تنوع زیستی در اکوسیستم‌های زراعی عمدتاً به دلیل مصرف نهاده‌های شیمیایی (کود و سموم) است (Kremen, 2005). بر اساس برآورد (TEEB, 2010) به ازای هر سم‌پاشی در اکوسیستم‌های زراعی در حدود 15-10 درصد از تنوع زیستی بالقوه کاسته خواهد شد که البته این مقدار به نوع سم نیز ارتباط دارد. ارزش تنوع زیستی معادل ارزش کل خدمات اکوسیستم از مساحتی معادل 15 درصد مساحت اکوسیستم تحت بررسی می‌باشد (MEA, 2005). بنابراین ارزش تنوع زیستی در مزارعی که سم مصرف نشده است به عنوان مبنا در نظر گرفته شد و بر اساس دفعات سم‌پاشی تصحیح گردید.

با وجودی‌که گرده‌افشانی از خدمات بسیار با ارزش اکوسیستم محسوب می‌شود، ولی چون گندم گیاهی خود گرده‌افشان است، این نوع خدمت در مزارع گندم محاسبه نشد. البته نقش حشرات گرده-افشان به عنوان جزئی از تنوع زیستی در نظر گرفته شده است.

ذخیره آب: در مزارعی که دارای بادشکن بودند ذخیره آب به عنوان یکی از خدمات اکوسیستم محاسبه گردید. بر اساس گزارش (TEEB, 2010) هر ردیف بادشکن درختی با تراکم متوسط در حدود 10 درصد از کل آب مصرفی برای محصول تحت بررسی را از طریق کاهش تبخیر و تعرق ذخیره خواهد کرد. بر این اساس در مزراع دارای بادشکن مقدار کاهش آب مصرفی بر اساس قیمت هر واحد (مترمکعب) آب ارزش‌گذاری شد.

تولید اکسیژن: به ازای تولید هر کیلوگرم ماده خشک گیاهی در حدود 1/2 کیلوگرم اکسیژن وارد اتمسفر می‌شود (Thornes, 2010). بنابراین میزان اکسیژن تولید شده بر اساس میزان ماده خشک تولیدی (عملکرد کاه + دانه) تعیین و ارزش آن بر اساس بهای هر کیلو اکسیژن محاسبه شد.

ترسیب کربن: میزان کربن ترسیب شده بر اساس محتوای کربن بیوماس گیاهی تولید شده (معادل 45 درصد) برآورد گردید. ماده خشک گیاهی به روش ذکر شده در محاسبه تولید اکسیژن به دست آمد. در مزارعی که بقایای گیاهی به خاک اضافه می‌شد، میزان کربن خاک نیز به روش فوق تعیین گردید. سپس مجموع کربن ترسیب شده در ماده خشک گیاه و خاک به CO_2 تبدیل و ارزش ترسیب کربن بر اساس قیمت استاندارد مالیات کربن (Thornes, 2010) برآورد شد. قیمت هر تن CO_2 بر اساس نرخ مالیات کربن اروپا تعیین گردید.

تولید غذا و علوفه: ارزش غذا و علوفه با توجه به عملکردهای مستخرج از پرسشنامه‌ها بر اساس قیمت پایه هر کیلوگرم دانه گندم و کاه تعیین و به عنوان ارزش خدمات تأمین کننده در مزارع تحت بررسی در نظر گرفته شد.

خدمات فرهنگی: اکوسیستم‌های طبیعی به دلیل جاذبه‌های توریستی و گردشگری و نیز ویژگی‌های زیبایی شتناختی خود خدمات فرهنگی با ارزشی را ارائه می‌کنند. این نوع خدمات در بوم‌نظام‌های زراعی در مقایسه با اکوسیستم‌های طبیعی به مراتب کمتر است. با این وجود در پرسشنامه‌های این پژوهش سوالاتی در مورد تعداد

بازدیدکنندگان از مزراع و مدت اقامت آن‌ها مطرح شده بود. در مواردی‌که بازدیدکنندهای ثبت شده بود ارزش این خدمات بر اساس هزینه ایاب و ذهاب (رفت و آمد) هر بازدیدکننده به منطقه (میانگین قیمت سفر با اتوبوس) برآورد گردید (De Groot et al., 2012).

تبعات منفی اکوسیستم‌های تحت بررسی در دو مورد ارزش‌گذاری شد:

تولید گازهای گلخانه‌ای: دل گراسو (Del Grasso, 2002) در بررسی چهار محصول زراعی شامل جو (*Hordeum vulgare* L.)، سویا (*Glycine max* L.) و ذرت (*Zea mays* L.) که تحت مدیریت رایج بودند نشان داد که میزان انتشار گاز N_2O از خاک در حدود 0/036 کیلوگرم در مترمربع در سال است. لو و همکاران (Lv et al., 2010) نیز میزان انتشار گاز CO_2 از خاک مزارع گندم را 264/7 گرم در مترمربع در سال برآورد کردند. بر این اساس می‌توان تولید گازهای گلخانه‌ای (معادل CO_2) از هر هکتار اراضی گندم را از معادله (1) محاسبه کرد.

$$V_{GHG} = CT \times TC_{equ} \quad (1)$$

که در آن V_{GHG}: قیمت گازهای گلخانه‌ای، CT: مالیات کربن (قیمت هر واحد CO_2 بر اساس قیمت استاندار د جهانی) و TC_{equ}: میزان کل گازهای تولید شده معادل CO_2 می‌باشند.

مقدار TC_{equ} خود از معادله (2) به دست می‌آید:

$$TC_{equ} = (E_{N2O} + N_2O_{equ}) + (E_{CO2} \times CO_{2Equ}) \quad (2)$$

که در آن، EN2O: میزان انتشار N_2O، E_{CO2}: میزان انتشار CO_2، N_2O_{equ}: معادل CO_2 برای گاز N_2O است که بر اساس گزارش IPCC برابر 310 می‌باشد (IPCC, 2005) و CO_{2Equ}: نیز معادل CO_2 است که برابر یک در نظر گرفته می‌شود.

آلودگی ناشی از مصرف کود: ارزش آلودگی‌های کودی بر اساس کارآیی جذب کودها و میزان حلالیت آن‌ها در خاک برآورد گردید. از کل میزان کود نیتروژن مصرفی حدود 60 درصد در خاک باقیمانده و به دلیل حلالیت بالا، 45-40 درصد این مقدار به عنوان منبع آلودگی وارد محیط می‌شود (Grandy et al., 2006). در مورد کودهای فسفره به دلیل حلالیت کمتر آن‌ها، در حدود 17 درصد کود مصرفی به عنوان منبع آلودگی عمل خواهد کرد (Lv et al., 2010). به این ترتیب با توجه به میزان کود مصرفی در مزارع گندم تحت بررسی مقدار آلودگی سالانه برآورد و ارزش آن بر اساس قیمت استاندارد جهانی هزینه‌های زیست محیطی آلودگی N و P تعیین گردید (TEEB, 2010).

کلیه قیمت‌ها بر اساس نرخ دلار در سال 2007 میلادی به ریال تبدیل شد، زیرا بر اساس گزارش دی خروت و همکاران (De Groot, 2012) جهت سهولت مقایسه بین نتایج مطالعات مختلف، قیمت دلار (قدرت خرید دلار) در سال 2007 به عنوان مبنای محاسبه ارزش خدمات اکوسیستم به عنوان "دلار بین المللی" تعریف شده است.

در نهایت هزینه‌های ناشی از تبعات زیست‌محیطی (خدمات منفی) اکوسیستم از ارزش خدمات مثبت کسر شد تا ارزش خالص خدمات اکوسیستمی در مزارع گندم برآورد شود.

نتایج و بحث

برآورد ارزش خدمات

تنوع زیستی: جهت برآورد ارزش تنوع زیستی در مزارع گندم از میانگین ارزش خدمات اکوسیستم‌های طبیعی استفاده شد. دی خروت و همکاران (De Groot et al., 2012) 22 نوع از خدمات اکوسیستم را در 12 بیوم مختلف و در مقیاس جهانی ارزیابی کرده و ارزش کل خدمات را بین 450 تا 8500 دلار بین المللی در هکتار در سال برآورد کردند (دلار بین‌المللی معادل ارزش هر دلار در سال 2007 است) که میانگین آن 4475 دلار بین‌المللی در هکتار در سال می‌باشد. بر این اساس ارزش تنوع زیستی مزارع تحت بررسی بدون احتساب سم‌پاشی شیمیایی معادل $8/05 \times 10^6$ ریال در هکتار در سال است که به ازای هر نوبت سم‌پاشی 10 درصد از آن کاسته خواهد شد (TEEB, 2011).

برخی از محققین تنوع زیستی را مهمترین عامل شکل‌گیری خدمات اکوسیستم محسوب کرده (Tans & Birgg, 2001; Nijkamp & Vindigni, 2003) و روش‌های دقیقی را برای ارزیابی ارزش آن ارائه کرده‌اند که البته مستلزم اندازه‌گیری‌های مزرعه‌ای و داده‌های جامع می‌باشد (OECD, 2002). برای مثال ارزش گرده‌افشانی، کنترل بیولوژیکی، ذخایر ژنتیکی و چرخه‌های عناصر غذایی که حاصل تنوع میکروبی خاک است در محاسبه ارزش تنوع زیستی در نظر گرفته می‌شود. کارپنر و همکاران (Carpenter, 2006) بیان داشتند که چون کلیه خدمات اکوسیستمی حاصل کارکردهای مختلف تنوع زیستی است، بنابراین ارزش‌گذاری دقیق تنوع زیستی، به تنهایی ارزش تمامی خدمات را در بر خواهد داشت. البته در این مطالعه به دلیل محدودیت دسترسی به داده‌های جامع، از

روش سادهای برای تعیین ارزش تنوع زیستی استفاده شده است.

خدمات اکوسیستم به شدت تابع تنوع زیستی موجود در بوم‌نظام است. نی کامپ و ویندیگنی (Nijamp & Vindigni, 2003) با اجرای فرا تحلیل بر روی 446 مقاله در مورد تأثیر تنوع زیستی بر تولید اولیه نشان دادند که تنوع زیستی موجب افزایش معنی‌دار تولید اولیه در انواع اکوسیستم‌ها از جمله بوم‌نظام‌های زراعی شد. مصرف نهاده‌های شیمیایی، و به طور کلی فشرده‌سازی بوم‌نظام‌های زراعی مهمترین عامل کاهش تنوع در آن‌ها می‌باشند البته قطعه قطعه شدن اراضی، تغییر اقلیم، و گسترش گیاهان دستکاری شده ژنتیکی نیز از دیگر عوامل دخیل در کاهش تنوع زیستی کشاورزی محسوب می‌شوند (Fitter et al., 2010).

تولید اکسیژن: تولید ماده خشک در مزارع گندم تحت بررسی در دامنه 3/6 و 11/3 تن در هکتار و با میانگین حدود 7/4 تن در هکتار بود که بر اساس تولید اولیه (سیستم ریشه‌ای و بخش‌های هوایی گیاه) با کسر درصد رطوبت تعیین گردید. با در نظر گرفتن تولید 1/2 کیلوگرم اکسیژن به ازای هر کیلوگرم ماده خشک و نیز بر اساس قیمت جهانی گاز اکسیژن معادل 0/4 دلار بر کیلوگرم (Thornes, 2010)، میانگین ارزش تولید این گاز در مزارع گندم 10^6 × 42/62 ریال در هکتار در سال برآورد گردید.

ترسیب کربن: میزان کربن موجود در ماده خشک گیاهی و ماده آلی خاک معادل 45 درصد است (Lai et al., 2004). مقدار کربن خاک از طریق محاسبه وزن خاک در عمق 30 سانتی‌متری و با احتساب میانگین مقدار ماده آلی خاک‌های زراعی استان (0/4-0/2 درصد) بین پنج تا 10 تن در هکتار در سال برآورد گردید که بسیار اندک می‌باشد. پایین بودن ذخیره کربن به دلیل کم بودن محتوی ماده آلی خاک‌های کشور است برای مثال گرندی و رابرتسون (Grandy & Robertson, 2007) گزارش کردند که در خاک‌های زراعی ایالت میشیگان آمریکا با ماده آلی 2-1/5 درصد، میزان کربن ترسیب شده در خاک سالانه در حدود 40 تا 55 تن در هکتار می‌باشد. با احتساب نسبت 44/12 برای تبدیل کربن به CO_2 و بر مبنای قیمت جهانی گاز CO_2، ارزش کربن ترسیب شده در مزارع گندم بر اساس میانگین کربن در ماده خشک و خاک معادل 10^6 × 7/21 ریال در هکتار در سال برآورد شد (Kosonen, 2005) این نرخ را برای سوئد، نروژ، فنلاند و دانمارک به ترتیب 23، 16، 8 و 10 دلار به ازای هر تن گزارش کرده است که میانگین آن معادل 14/25 دلار به ازاء هر تن CO_2 می‌باشد. البته براساس نرخ مالیات کربن در اتحادیه اروپا ارزش بالاتری بین 16 تا 19 دلار در تن نیز برای CO_2 گزارش شده است (Thornes, 2010). ولی در این تحقیق نرخ 14/25 دلار برای هر تن CO_2 در نظر گرفته شد.

ذخیره رطوبت: در مزارعی که دارای بادشکن بودند میزان رطوبت ذخیره شده در اثر کاهش تبخیر و تعرق معادل 10 درصد به ازای هر ردیف بادشکن (TEEB, 2010) در نظر گرفته شد. با احتساب 4000 مترمکعب آبیاری متعارف مزارع گندم، ارزش این خدمت معادل 10^6× 1/6 ریال در هکتار در سال برآورد شد. بر اساس نتایج این مطالعه بادشکن درختی تنها در 10 درصد از مزارع وجود داشت، بنابراین ارزش رطوبت ذخیره شده ناشی از حضور آن‌ها چندان قابل توجه نمی‌باشد. البته در شرایطی که بادشکن‌ها گسترش وسیعی داشته باشند ارزش آن‌ها چشمگیر می‌باشد برای مثال ساندهو و همکاران (Sandhu et al., 2008) ارزش بادشکن‌ها را در مزارع تحت مدیریت رایج و ارگانیک در کانتربری استرالیا، به ترتیب 200 و 880 دلار در هکتار در سال برآورد نمودند. دوکری و همکاران (Dokary et al., 2004)، نیز ارزش بادشکن‌ها را در مناطق حفاظت شده کشورهای پرتغال و فرانسه محاسبه نموده و آن را در حدود 66 هزار دلار در سال گزارش کردند.

تولید غذا و علوفه: عملکرد دانه در مزارع گندم تحت بررسی بین دو تا شش تن و میانگین آن معادل 3/4 تن در هکتار و عملکرد کاه نیز در حدود دو تا شش تن با میانگین 2/5 تن در هکتار بود. بر این اساس و با احتساب قیمت دانه گندم و کاه آن با نرخ سال 2007 میلادی (1386 شمسی)، میانگین ارزش این خدمات در مزارع تحت بررسی معادل 10^6× 14/97 ریال در هکتار در سال برآورد شد.

خدمات فرهنگی: بر اساس اطلاعات حاصل از پرسشنامه، گردشگری که در 58 درصد از مزارع گندم تحت بررسی گزارش شد تنها نوع خدمات فرهنگی این بوم‌نظام‌ها بود. میانگین تعداد افراد بازدید کننده شش نفر در سال با مدت توقف یک روزه به دست آمد که ارزش آن در مقایسه با سایر خدمات قابل توجه نبود (جدول 1). پایین بودن ارزش خدمات فرهنگی اراضی زراعی در سایر مطالعات نیز گزارش شده است. تیان و همکاران (Tiyan et al., 2010) ارزش خدمات تفرج‌گاهی مزارع در استان شن ژن چین را یک دلار در هکتار در سال برآورد کردند. مادوریرا و همکاران (Madureira et al., 2007) ارزش خدمات گردشگری مزارع غلات در آلمان را صفر تعیین

کردند در حالی‌که ارزش همین خدمات در باغات بادام 255 دلار در هکتار در سال بود. از آن‌جا که در حدود 60 درصد از مزارع گندم تحت بررسی در فاصله 500 متری تا دو کیلومتری باغات میوه قرار داشتند به نظر می‌رسد که جاذبه‌های این باغ‌ها باعث جلب گردشگران به مزارع گندم نیز شده است.

هزینه تبعات زیست محیطی

تولید گازهای گلخانه‌ای: میزان گاز N_2O انتشار یافته از مزارع گیاهان زراعی بر اساس اندازه‌گیری‌های انجام شده توسط دی گروت و همکاران (De Groot et al., 2002) در مزارع جو، سویا و پنبه در حدود 0/04-0/03 کیلوگرم در مترمربع در سال می‌باشد. در کشور چین نیز مقدار انتشار این گاز از مزارع گیاهان زراعی در حدود 0/036 کیلوگرم در مترمربع در سال برآورد شده است (Lv et al., 2010). در این مقاله مقدار انتشار این گاز معادل 0/035 کیلوگرم در مترمربع در سال در نظر گرفته شده و با احتساب معادل CO_2 این گاز (310 گرم در مترمربع) مقدار انتشار سالانه N_2O در هکتار بر حسب CO_2 محاسبه گردید. انتشار CO_2 نیز از مزارع گندم در چین در حدود 247/4 گرم در مترمربع در سال (Lv et al., 2010) و در مزارع برخی محصولات زراعی در آمریکا در حدود 300-270 گرم در مترمربع در سال گزارش شده است (De Groot, 2002). بر این اساس در این مطالعه مقدار 270 گرم در مترمربع در سال جهت محاسبه انتشار سالانه این گاز از هر هکتار مورد استفاده قرار گرفت. به این ترتیب میزان کل CO_2 انتشار یافته از خاک مزارع گندم تحت بررسی با احتساب نرخ مالیات کربن معادل 14/25 دلار برای هر تن CO_2 ارزشی معادل $5/26 \times 10^6$ ریال در هر هکتار در سال داشت.

نشت عناصر غذایی: نیتروژن و فسفر دو عنصر مهم کودی می‌باشند که از اکوسیستم‌های زراعی به خاک و منابع آب نشت می‌یابند. میزان نشت این عناصر بر اساس کارایی جذب محاسبه می‌شود. به طور کلی کارایی جذب نیتروژن در اکوسیستم‌های گندم ایران در حدود 40 درصد تخمین زده می‌شود (Nassiri & Koocheki, 2014). بنابراین، 60 درصد باقیمانده در معرض آبشویی و نشت به خاک و منابع آب قرار دارد. بر اساس اطلاعات استخراج شده از پرسشنامه میانگین مصرف کود نیتروژنه در مزارع گندم تحت بررسی250 کیلوگرم در هکتار (با محتوی N معادل 45 درصد) بود و میزان نشت سالانه این عنصر بر این مبنا محاسبه شد. در مورد فسفر نیز میزان نشت سالانه در حدود 17 درصد مقدار کود مصرفی برآورد شده است (Lv et al., 2010) که با احتساب میانگین مقدار مصرف معادل 100 کیلوگرم در هکتار از این نوع کود مقدار نشت این عنصر نیز برآورد گردید. ارزش تبعات منفی ناشی از نشت این عناصر در حدود 1/6 دلار به ازای هر کیلوگرم برآورد شده است (Norris et al., 2010). بر این اساس تبعات منفی (ارزش منفی) ناشی از نفوذ این عناصر به خاک و منابع آب در مزارع تحت بررسی در حدود $1/2 \times 10^6$- ریال در هکتار در سال می‌باشد.

مجموع تبعات زیست محیطی (خدمات منفی) ناشی از تولید گازهای گلخانه‌ای و نشت عناصر غذایی در مزارع گندم تحت بررسی معادل $6/46 \times 10^6$ ریال می‌باشد. لازم به ذکر است که اکوسیستم‌های زراعی تبعات زیست محیطی (خدمات منفی) نظیر را نیز به همراه دارند که به دلیل عدم دسترسی به داده‌های کافی امکان محاسبه آن‌ها در این تحقیق فراهم نشده است.

بیلان ارزش خدمات

در جدول 1 میانگین، حداقل و حداکثر مقادیر برآورد شده برای ارزش انواع خدمات و تبعات منفی در مزارع گندم تحت بررسی ارائه شده است. در این مطالعه میانگین ارزش کل خدمات اکوسیستم با کسر ارزش تبعات زیست محیطی (خدمات منفی) معادل $66/85 \times 10^6$ ریال در هکتار در سال می‌باشد. البته این ارزش، قیمت خدمات تأمین کننده (غذا و علوفه) را نیز در برمی‌گیرد، بنابراین ارزش خالص خدمات غیرقابل فروش مزارع گندم معادل $51/88 \times 10^6$ ریال در هکتار در سال است که 3/46 برابر بیشتر از مجموع ارزش دانه و کاه گندم تولید شده در این مزارع است.

در اغلب مطالعات ارزش خدمات ارائه شده توسط اکوسیستم‌های زراعی به مراتب بیشتر از ارزش محصولات قابل فروش آن‌ها بوده است (Costanza, 1997; Guo et al., 2000). در مطالعات انجام شده در کشور چین ارزش خدمات اکوسیستم‌های زراعی بسته به روش مدیریت از شش تا 1500 برابر بیشتر قیمت محصول تولیدی بوده است (Pretty et al., 2000). ال وی و همکاران (Lv et al., 2010) ارزش خدمات بوم‌نظام‌های تولید برنج (*Oryza sativa* L.) در تناوب با گندم در حوضه رودخانه یانگ تسه در کشور چین را 3/4 برابر بهای محصول برآورد کردند.

نتایج نشان داد که خدمات اتمسفری (تولید اکسیژن و ترسیب

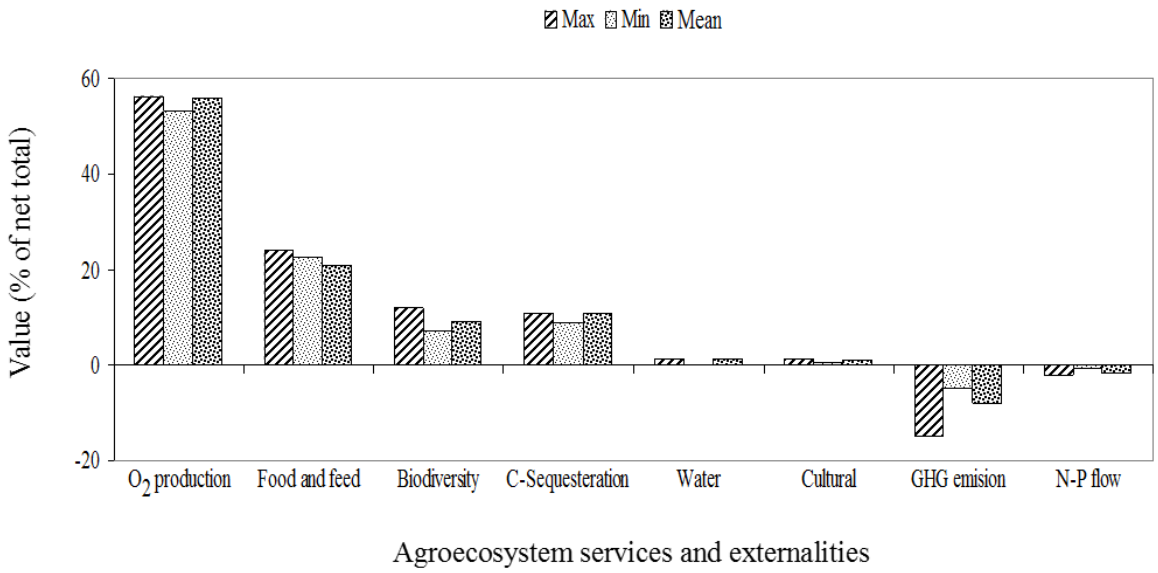
کربن) در حدود 62 درصد از ارزش کل خدمات در مزارع گندم را به خود اختصاص داده‌اند در صورتی‌که ارزش غذا و علوفه تولید شده در مزارع که مهمترین خدمات اکوسیستم‌های زراعی می‌باشند حداکثر 27 درصد و تنوع زیستی بین 7/5 تا 16 درصد از ارزش کل خدمات را شامل می‌شود. (شکل 1). سهم سایر موارد از ارزش کل خدمات در مزارع تحت بررسی ناچیز و کمتر از پنج درصد می‌باشد. تبعات منفی بسته به روش مدیریت مزارع بین هفت تا 18 درصد از ارزش خدمات اکوسیستم را کاهش دادند که به طور متوسط 11 درصد این کاهش مربوط به تولید گازهای گلخانه‌ای بود (شکل 1).

برآوردها نشان می‌دهد که تبدیل اکوسیستم‌های طبیعی به زراعی معمولا باعث 40 تا 60 درصد تلفات کربن از خاک به صورت دی-اکسیدکربن می‌شود که عمدتاً به دلیل تحریک تنفس اتوتروفی در اثر تخریب است (Murty et al., 2002) و این امر با توجه به سطح زیر کشت اراضی، از تبعات بسیار مهم فعالیت‌های کشاورزی محسوب می‌شود. اکوسیستم‌های زراعی که برای دستیابی به عملکرد بالا مدیریت می‌شوند در مقایسه با اکوسیستم‌های طبیعی کربن کمتری در خاک ذخیره کرده و به علاوه به دلیل تولید گازهای گلخانه‌ای تبعات منفی بیشتری بر اقلیم دارند (Randall, 2011).

جدول 1- مقادیر برآورد شده برای ارزش انواع خدمات اکوسیستمی و تبعات زیست محیطی در مزارع گندم خراسان رضوی

Table 1- Economic evaluation of ecosystem services and environmental impacts in wheat fields in Khorasan Razavi

نوع خدمات Type of services	ارزش خدمات (میلیون ریال) Value of services (10^6 Rls)			
	حداقل Min.	حداکثر Max.	میانگین Mean	ضریب تغییرات (درصد) CV (%)
تنوع زیستی Biodiversity	5.64	8.05	6.84	12.4
تولید غذا و علوفه Food and feed	8.10	28.80	14.97	21.9
تولید اکسیژن Oxygen production	20.73	65.08	42.62	23.5
ترسیب کربن Carbon sequestration	6.15	8.31	7.21	14.9
ذخیره رطوبت Moisture preservation	0.0	1.60	0.92	27.2
گردشگری Tourism	0.24	1.32	0.72	13.6
جمع ارزش **Total value**	40.85	113.16	73.31	19.8
تبعات منفی Negative externalities				
تولید گازهای گلخانه‌ای Emission of greenhouse gases	-5.26	-5.26	-5.26	0.0
نشت نیتروژن و فسفر Nitrogen and phosphor leaching	-0.27	-2.15	-1.20	22.2
جمع ارزش Total value	-5.53	-7.41	-6.46	18.8
ارزش خالص خدمات **Net services value**	35.14	106.11	66.85	20.7



شکل 1- ارزش انواع خدمات اکوسیستم و تبعات منفی آن در مزارع گندم استان خراسان رضوی به عنوان درصد از ارزش کل خدمات

Fig. 1 -Economic values of ecosystem services and negative impacts of wheat fields as percent from total services in Khorasan Razavi

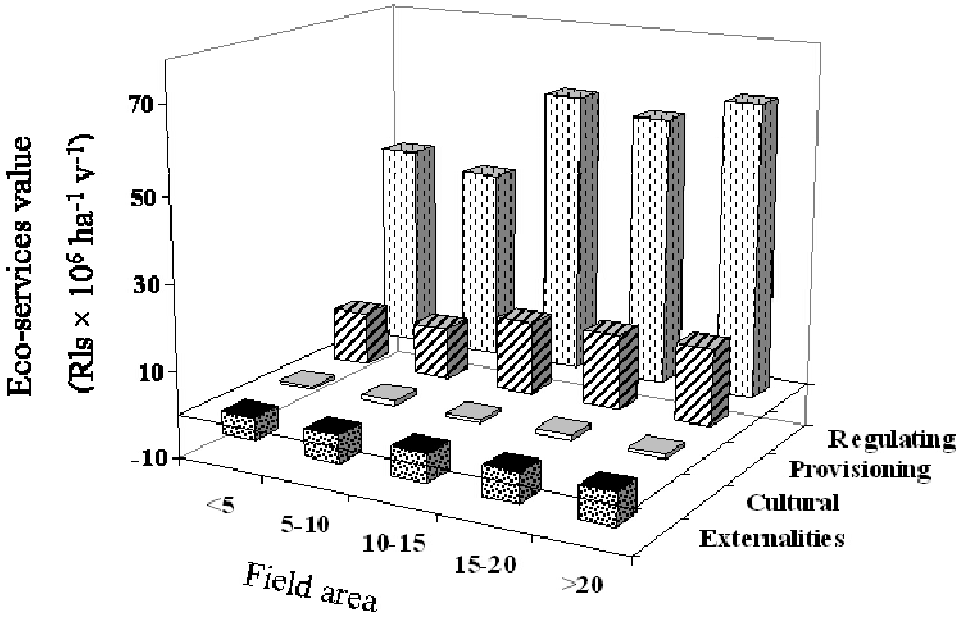
تأثیر اندازه مزارع بر ارزش خدمات

میانگین ارزش کل خدمات در مزارع با مساحت کمتر از 10 هکتار 58×10^6 و در مزارع بزرگتر از 10 هکتار 83×10^6 ریال در هکتار در سال بود (شکل 2). بنابراین با وجودی‌که ارزش کل خدمات اکوسیستم در مزارع کوچک کمتر از مزارع بزرگ بود، ولی با افزایش مساحت به بالاتر از 10 هکتار تغییر قابل توجهی در ارزش کل خدمات مشاهده نشد. این روند در مورد انواع مختلف خدمات اکوسیستم نیز مشهود بود (شکل 2). وضعیت مشابهی نیز در مورد هزینه تبعات منفی مشاهده شد به طوری‌که میانگین این هزینه‌ها در مزارع کمتر از 10 هکتار -6×10^6 و در مزارع بزرگتر از آن -7×10^6 ریال در هکتار در سال برآورد گردید. مطالعات مختلف نشان داده است که ارزش خدمات اکوسیستم معمولاً به مقیاس وابسته است زیرا شکل‌گیری کارکردهای مختلف تابع مقیاس مکانی می‌باشد (Kremen, 2005) به طوری‌که شکل‌گیری فرآیندهایی نظیر چرخه‌های عناصر غذایی و پویایی جمعیت گونه‌ها با کوچک شدن مقیاس محدود خواهد شد (Hein et al., 2005). البته در بوم‌نظام‌های زراعی که تولید آن‌ها متکی به نهاده‌های خارجی است، تأثیر مقیاس چندان بارز نمی‌باشد (Madureira et al., 2007). نتایج این تحقیق نیز نشان داد که ارزش کل خدمات مزارع گندم تحت بررسی با 100 درصد افزایش مساحت اراضی (از 10 به 20 هکتار) تنها 50 درصد افزایش یافت (شکل 2). ارزش خدمات اکوسیستم به مقیاس زمانی نیز بستگی دارد به طوری‌که تداوم فشرده‌سازی در طی زمان موجب کاهش آن خواهد شد (Tilman et al., 2002). ال وی و همکاران (Lv et al., 2010) تغییرات ارزش خدمات اکوسیستم را در منطقه ژویگه کشور چین در طی دوره 30 ساله (1975-2005) بررسی کرده و نشان دادند که تغییر الگوهای کاربری اراضی، روش‌های مدیریت و تغییر اقلیم موجب شده تا ارزش خدمات اراضی زراعی و مراتع به ترتیب 2/27 و 13/3 درصد کاهش یابد.

تأثیر عملکرد بر ارزش نسبی خدمات

در مزارع گندم تحت بررسی ارزش نسبی خدمات یعنی نسبت ارزش خالص خدمات به ارزش خدمات قابل فروش (غذا و علوفه) در محدوده 2/1 تا 4/6 قرار داشت و این تغییرات به طور معنی‌داری تابع میزان تولید ماده خشک و عملکرد دانه بود (شکل 3). این نسبت با افزایش عملکرد ماده خشک تا حدود هشت تن در هکتار و عملکرد دانه تا حدود چهار تن در هکتار افزایش یافت و به حداکثر خود رسید ولی با افزایش تولید به بالاتر از این مقادیر به طور چشمگیری کاهش یافت. به نظر می‌رسد که افزایش سطح مصرف نهاده‌ها جهت دستیابی به عملکرد بالا و در نتیجه افزایش هزینه تبعات منفی ناشی از مدیریت فشرده، عامل اصلی کاهش ارزش خدمات در عملکردهای

بالا باشد.



شکل 2- ارزش خدمات اکوسیستم در مزارع گندم خراسان رضوی محاسبه شده بر اساس وسعت مزارع

Fig. 2- Ecosystem services value base on extent of fields in Khorasan Razavi

جهت سهولت مقایسه خدمات در سه گروه تنظیم کننده، تأمین کننده و فرهنگی طبقه‌بندی شده و تبعات منفی نیز تفکیک شده‌اند.

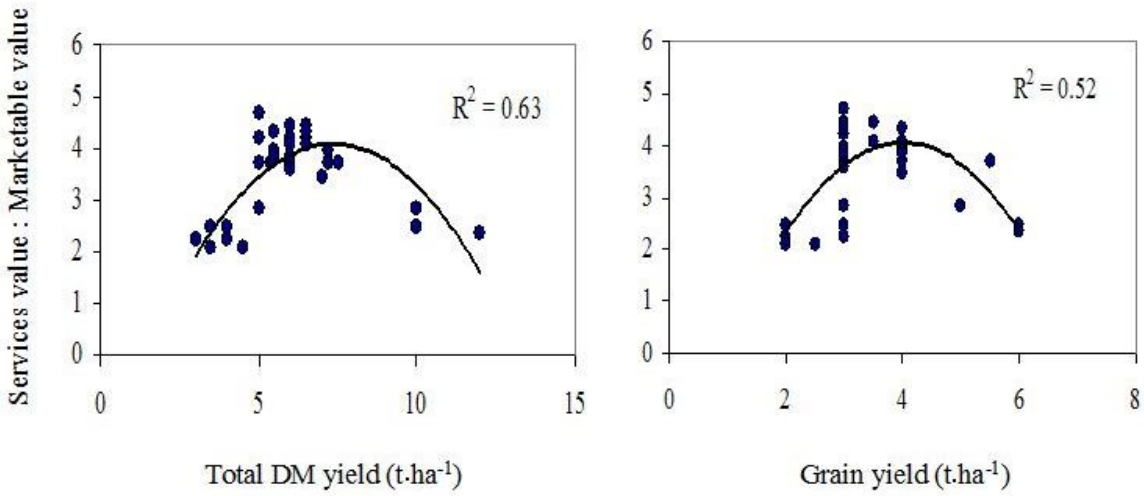
Services classified in 3 groups, regulating, provisioning and cultural, and negative impacts are separated for easy comparison.

با وجودی‌که تولید غذا و سایر خدمات، تأمین کننده مهمترین کارکرد اکوسیستم‌های زراعی است اما شواهد نشان داده است که فشرده‌سازی این بوم‌نظام‌ها در جهت افزایش این نوع خدمات باعث بروز اثرات منفی بر سایر خدمات این اکوسیستم‌ها خواهد شد (Tilman, et al., 2002). برخی محققین عقیده دارند که به هم خوردن چرخه‌های عناصر غذایی در اکوسیستم‌های زراعی مهمترین عامل از بین رفتن انسجام این بوم‌نظام‌ها و در نتیجه اختلال در ارائه خدمات است (Dale & Polasky, 2007). مصرف فشرده کودهای شیمیایی به منظور افزایش تولید غذا، باعث کاهش ماده آلی خاک شده و از این طریق ذخیره‌سازی کربن و تنوع زیستی خاک با کاهش جدی مواجه خواهد شد (Crossman et al., 2011). از سوی دیگر این عملیات باعث تولید گازهای گلخانه‌ای به ویژه CO_2، N_2O و متان (در اکوسیستم‌های غرقابی نظیر برنج) می‌شود (Lai et al., 2004; Thornes, 2010). برای مثال برآوردها نشان داده است که در انگلستان در طی 25 سال گذشته هر سال در حدود 0/6 درصد از کربن خاک در اکوسیستم‌های زراعی به صورت CO_2 به اتمسفر انتشار یافته است (Pretty et al., 2000).

تأثیر خدمات تأمین کننده بر ارزش کل خدمات

با افزایش ارزش خدمات تأمین کننده، ارزش کل خدمات اکوسیستم افزایش یافت و در مزارعی که مجموع ارزش دانه گندم و کاه تولید شده در حدود 20 تا 21×10^6 ریال در هکتار در سال بود به بالاترین مقدار رسید (شکل 4) و سپس با افزایش بیشتر ارزش محصول تولیدی، ارزش خدمات به تدریج کاهش یافت. البته هزینه تبعات منفی محیطی افزایشی خطی در پاسخ به افزایش ارزش خدمات تأمین کننده نشان داد (شکل 4).

این شواهد تأییدی بر این واقعیت است که خدمات اکوسیستم از یکدیگر مستقل نبوده و همبستگی قوی بین آن‌ها برقرار است (Norris et al., 2010).



شکل 3- رابطه بین نسبت ارزش خدمات به ارزش محصول قابل فروش به عنوان تابعی از عملکرد کل ماده خشک (چپ) و عملکرد دانه (راست) در مزارع تولید گندم استان خراسان رضوی

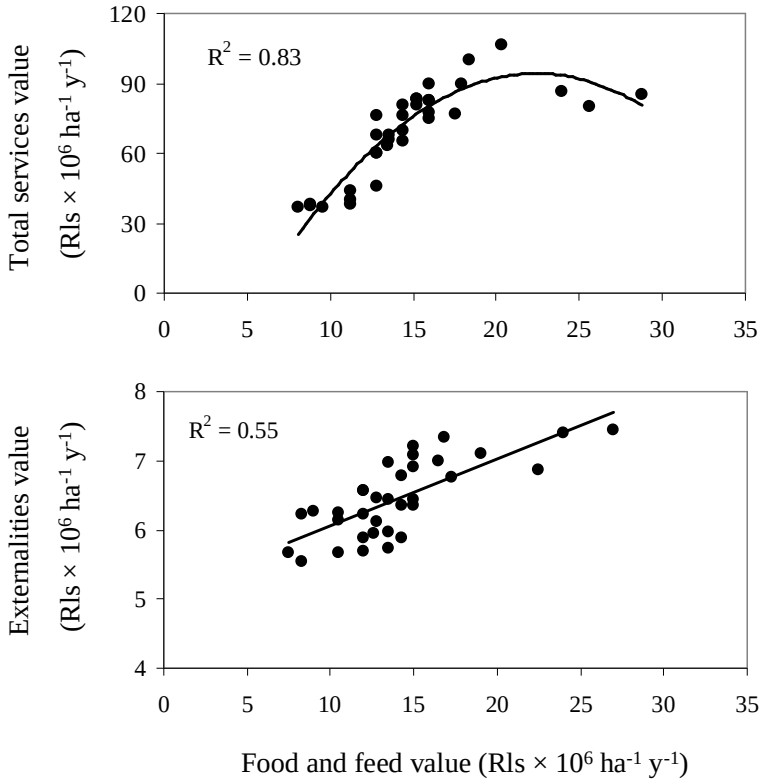
Fig. 3- Relationship between ecosystem value and marketable goods value as function from total dry matter (left) and grain yield (right) in wheat fields in Khorasan Razavi

برای مثال شکل‌گیری خدمات تأمین کننده بدون تحقق خدمات حمایتی امکان‌پذیر نخواهد بود (Madureira et al., 2007). در اکوسیستم‌های زراعی فشرده چرخه عناصر غذایی که مهمترین جزء خدمات حمایتی محسوب می‌شوند، به دلیل مصرف کودهای شیمیایی و خروج بقایای محصولات دچار اختلال شده و کاهش این نوع خدمات علی‌رغم افزایش نسبی عملکرد، باعث عدم ثبات آن در مقابل تغییرات محیطی می‌شود (Antle & Capalbo, 2002; Hansen et al., 2001). این فرضیات توسط محققین دیگر نیز به تأیید رسیده است. برای مثال، مک سوئینی و رابرتسون (McSwiney & Robertson, 2005) وجود رابطه معنی‌داری را بین عملکرد ذرت و تولید گاز N_2O گزارش کردند. این محققین نشان دادند اگرچه مصرف بیشتر کودهای نیتروژن، افزایش عملکرد را به همراه دارد، ولی باعث افزایش انتشار N_2O به محیط خواهد شد. سیسوردا (Syswerda, 2009) میزان تصعید گاز N_2O از مزارع گندم مدیریت شده به روش رایج را 2/96-4/62 گرم در هکتار در روز برآورد کرد در حالی‌که این مقدار برای اکوسیستم‌های جنگلی 0/93 گرم در هکتار در روز بود به علاوه نشت نیتروژن به محیط نیز تحت تأثیر روش مدیریت قرار گرفت. به طوری‌که میانگین میزان نشت نیترات در مزارع گندم مدیریت شده به روش رایج، با شخم حداقل و به صورت ارگانیک به ترتیب 17/6، 10/9 و 6/7 گرم به ازای کیلوگرم دانه بود. وی نتیجه‌گیری کرد که افزایش هزینه تبعات منفی عامل اصلی ارزش کمتر خدمات اکوسیستم‌های زراعی فشرده در مقایسه با بوم‌نظام‌های کم نهاده می‌باشد.

چنین شواهدی در مورد نشت عناصر کودی به محیط در مقیاس‌های بزرگ نیز وجود دارد برای مثال در آمریکا میزان نشت نیتروژن در گیاهان زراعی مختلف بین 25 تا 146 کیلوگرم در هکتار در سال گزارش شده است (Basso & Ritchie, 2005) که باعث افزایش هزینه تبعات منفی خواهد شد.

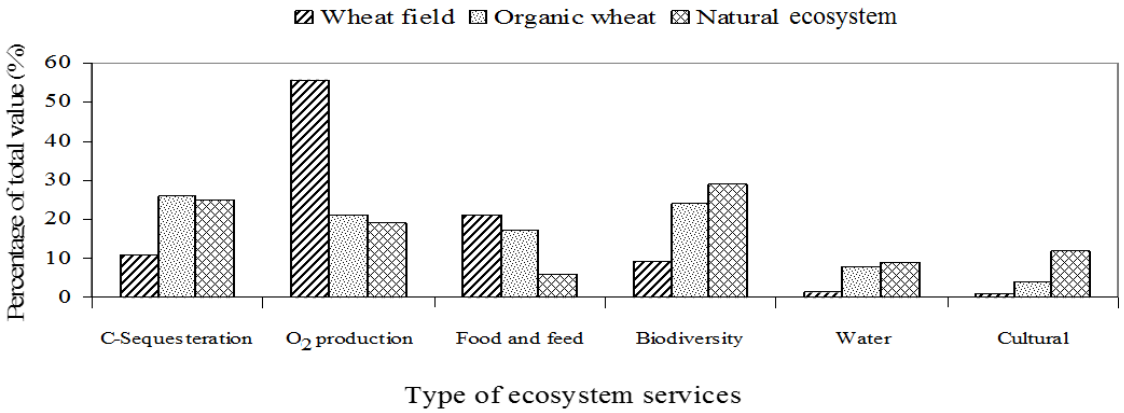
مقایسه ارزش خدمات مزارع گندم با خدمات سایر اکوسیستم‌ها

در شکل 5 سهم نسبی هر یک از خدمات اکوسیستم در مزارع گندم استان خراسان رضوی با اراضی زراعی که به صورت ارگانیک مدیریت می‌شوند و بوم‌نظام‌های طبیعی مقایسه شده است. در هر سه نوع بوم‌نظام خدمات اتمسفری بیشترین سهم را داشته و مقدار آن بین 44 تا 65 درصد ارزش کل خدمات بود. تورنس (Thornes, 2010) بیان داشت که در بین 17 نوع خدمات مختلف اکوسیستم قیمت دو نوع از این خدمات یعنی تنظیم اقلیم و تنظیم کیفیت هوا (خدمات اتمسفری) در مقیاس جهانی در حدود دو تریلیون دلار برآورد می‌شود. بالا بودن ارزش ترسیب کربن در مزارع ارگانیک و بوم‌نظام‌های طبیعی نیز به دلیل محتوای بیشتر ماده آلی خاک است.



شکل 4- رابطه بین ارزش غذا و علوفه (خدمات تأمین کننده) و ارزش کل خدمات اکوسیستم (بالا) و هزینه تبعات منفی (پایین) در مزارع تولید گندم استان خراسان رضوی

Fig. 4- Relationship between food and feed value (provisioning service) and total ecosystem value (up) and negative impacts value (down) in wheat fields in Khorasan Razavi



شکل 5- مقایسه سهم نسبی (درصد از کل) ارزش انواع خدمات اکوسیستمی در مزارع گندم استان خراسان رضوی با مزارع تولید ارگانیک گندم (داده‌ها از پیمنتال و همکاران (Pimental et al., 2005)، سندو و همکاران (Sandhu et al., 2008)) و میانگین ارزش این خدمات در بوم‌نظام‌های طبیعی (داده‌ها از دی‌خروت و همکاران (De Groot et al., 2010))

Fig. 5- Comparison of relativity ration (percent in total) of ecosystem services in wheat fields in Khorasan Razavi with organic wheat fields (data from Pimental et al., 2005; Sandhu et al., 2008) and mean value of these services in natural ecosystems (data from De Groot et al., 2010)

مطالعات نشان داده است که علاوه بر افزایش مـواد آلـی خـاک، تبدیل مزارع یک‌ساله به دائمی و تداوم توالی در اکوسیستم نیز یکـی از راهکارهای مؤثر در ذخیره کربن خاک مـی‌باشـد و باعـث ترسـیب کربن در عمق 30 سانتی‌متری خاک به میزان 60 گرم در مترمربع در سال می‌شود (Lai, 2003).

به جز غذا و علوفه (خدمات تأمین کننده)، سهم سایر خـدمات در بوم‌نظام‌های ارگانیک و طبیعی بیشتر از اراضی زراعی بود. این تفاوت که در سایر مطالعات نیز گـزارش شـده اسـت (Tian et al., 2010; Grandy & Robertson, 2007) نشان‌دهنده تأثیر فشرده‌سازی بـر کاهش خـدمات اکوسیسـتم در ازای افـزایش عملکـرد اسـت (Randall, 2002).

مقایسه این سه نـوع اکوسیسـتم همچنـین نشـان‌دهنـده توزیـع یکنواخت تر ارزش خدمات در اکوسیستم‌های طبیعی و مزارع ارگانیک در مقایسه با مزارع گندم با مدیریت رایج است. سهم تنوع زیستی که عامل کلیدی در شکل‌گیری کارکردهای اکوسیستم محسوب می‌شود (Carpenter, 2006) در مزارع گندم، مزارع ارگانیک و بوم‌نظام‌هـای طبیعی به ترتیب 9/3، 24 و 29 درصد از ارزش کل خدمات بود (شکل 5). به نظر می‌رسد که غیر یکنواختی توزیع خدمات در مـزارع گنـدم عمدتاً به دلیل زوال تدریجی تنوع زیسـتی بـه دلیـل فشـرده‌سـازی می‌باشد. این وضـعیت کـه ناشـی از مصـرف روزافـزون نهـاده‌هـای شیمیایی است در سایر مناطق جهان نیز مشهود است برای مثـال در فاصله سال‌های 1970 تا 2000 میلادی تنوع زیستی در زمـین‌هـای کشاورزی اروپا 23 درصد کاهش یافت که نتیجـه آن کـاهش قابـل ملاحظه خدمات این بوم‌نظام‌ها است (Fitter et al., 2010).

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که با وجود به کارگیـری روش‌هـای مدیریت فشرده، بوم‌نظام‌های زراعی به دلیل ماهیت چنـد کـارکردی خود قادرند علاوه بر خدمات تـأمین کننـده، خـدماتی نظیـر ترسـیب کربن، پاکسازی آب و هوا، حفاظت خاک، ذخیـره آب، و حفـظ تنـوع زیستی را ارائه دهند که ارزش اقتصـادی آن‌هـا قابـل توجـه بـوده و چندین برابر بیشتر از غذا و علوفه تولید شده توسط آن‌ها است. البتـه این بوم‌نظام‌ها بسته به روش مدیریت و شدت فشرده‌سـازی، تبعـات منفی نظیر تولید گازهای گلخانه‌ای و نشت عناصر کودی به محیط را نیز به همراه دارند که ارزش خدمات آن‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. وجود روابط معنی‌دار بین خدمات و تبعات منفی با عملکرد مؤید ایـن امر است که با حفظ حد بهینه‌ای از عملکرد مـی‌تـوان ارزش خـدمات اکوسیستم را به حداکثر رساند. بنابراین بهره‌برداری پایدار از تولیـدات کشاورزی در گرو مدیریت اکوسیستم‌های زراعی به نحوی است کـه بتوان اثرات متقابل بین خدمات مثبت و تبعات منفی ناشی از عملیات زراعی را با بهره‌گیری از خصوصیات چند کارکردی بـوم‌نظـام‌هـا بـه حداقل کاهش داد.

سپاسگزاری

بودجـه ایـن تحقیـق از محـل اعتبـارات طـرح پژوهـه شـماره 117686/2 مورخ 1390/3/4 توسط معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

Antle, J.M., and Capalbo, S.M. 2002. Agriculture as a managed ecosystem: Policy implications. Journal of Agricultural and Resource Economics 27(1): 1-15.

Basso, B., and Ritchie, J.T. 2005. Impact of compost, manure and inorganic fertilizer on nitrate leaching and yield for a 6-year maize-alfalfa rotation in Michigan. Agriculture, Ecosystem and Environment 108: 329-341.

Canadell, P. 2007. Contributions to accelerating atmospheric CO_2 growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. Proceedings of the *National Academy* USA 104: 18866-18870.

Carpenter, S.R., DeFries, R., Dietz, T., Mooney, H.A., Polasky, S., Reid, W.V., and Scholes, R.J. 2006. Millennium ecosystem assessment: research needs. Science 314: 257-258.

Costanza, R., D'Arge, R., DeGroot, R.S., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruel, J., Raskin, R.G., Sutton, P., and VandenBelt, M. 1997. The value of the world's ecosystem service and natural capital. Nature 387: 253-260.

Crossman, N.D., and Bryan, B.A. 2009. Identifying cost-effective hot spots for restoring natural capital and enhancing landscape multi-functionality. Ecological Economics 68: 654-668.

Crossman, N.D., Bryan, B.A., and Summers, D.M. 2011. Carbon payments and low-cost conservation. Conservation Biology 25: 835-845.

Daily, G.C. 1997. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. Island Press, Washington 392 pp.

Dale, V.H., and Polasky, S. 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. Ecological Economics 64: 286-296.

De Groot, R.S., Wilson, M.A., and Boumans, R.M.J. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem function, goods and services. Ecological Economics 41: 393-408.

De Groot, R., Brander, L., Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermand, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., Rodriguez, L.C., Brink, P., and van Beukering, P. 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosystem Services 1: 50-61.

Del Grasso, S.J. 2002. Refinement, testing and application of the DEYCENY model to investigate ecological impacts of agriculture. PhD thesis, Colorado State University, Fort Collins, USA.

Fitter, A., Elmqvist, T., Haines-Young, R., Potschin, M., Rinaldo, A., Setala, H., Stoll-Kleemann, S., Zobel, M., and Murlis, J. 2010. An Assessment of Ecosystem Services and Biodiversity in Europe. In: Hester, R.E. and R.M. Harrison. 2010 (Eds.). Ecosystem Services. Issues in Environmental Science and Technology. Royal Society of Chemistry Publishing, UK. 1-28.

Grandy, A.S., Loecke, T.D., Parr, S., and Robertson, G.P. 2006. Long-term trends in nitrous oxide emissions, soil nitrogen, and crop yields of till and no-till cropping systems. Journal of Environmental Quality 35: 1487-1495.

Grandy, A.S., and Robertson, G.P. 2007. Land-use intensity effects on soil organic carbon accumulation rates and mechanisms. Ecosystems 10: 58-73.

Guo, Z.W., Xiao, X.M., and Li, D.M. 2000. An assessment of ecosystem services: water flow regulation and hydroelectric power production. Ecological Application 10: 925-36.

Hansen, B., Alroe, H.F., and Steen, K.E. 2001. Approaches to assess the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. Agriculture, Ecosystems and Environment 83(1-2): 11-26.

Hein, L., Koppen, K., Groot, R., and Ierland, E. 2006. Spatial scales, stakeholders and the valuation of ecosystems services. Ecology 57: 209-228.

Kosonen, K. 2005. Fiscal instruments for internalizing external costs. http://www. externe.info/brussels/br1140.pdf.

Kremen, C. 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? Ecological Letters 8: 468-79.

Lai, R. 2003. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. Critical Reviews in Plant Sciences 22(2): 151-184.

Lai, R., Grifin, M., Apt, J., Lave, L., and Morgan, M.G. 2004. Managing soil carbon. Science 304: 393.

Li, J., Wang, W., Huc, G., and Weic, Z. 2010. Changes in ecosystem service values in Zoige Plateau, China. Agriculture, Ecosystems and Environment 139: 766-770.

Lv, Y., Gu, S., and Guo, D. 2010. Valuing environmental externalities from rice–wheat farming in the lower reaches of the Yangtze River. Ecological Economics 69: 1436-1442.

Madureira, L., Rambonilaza, T., and Karpinski, I. 2007. Review of methods and evidence for economic valuation of agricultural non-commodity outputs and suggestions to facilitate its application to broader decisional contexts. Agriculture, Ecosystems and Environment 120: 5-20.

McSwiney, C., and Robertson, G.P. 2005. Nonlinear response of N_20 flux to incremental fertilizer addition in a continuous maize (*Zea mays*) cropping system. Global Change Biology 11: 1-8.

MEA, Millennium Ecosystem Assessment, 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Island Press, Washington DC.

Murty, D., Kirschbaum, M.U.F., McMurtrie, R.E., and McGilvray, H. 2002. Does forest conversion to agricultural land change soil organic carbon and nitrogen? A review of the literature. Global Change Biology 8: 105-123.

Nassiri, M., and Koocheki, A. 2014. Trend analysis of nitrogen use and productivity in wheat production systems of Iran. Journal of Agroecology (accepted). (In Persian with English Summary)

Nijkamp, P., and Vindigni, G. 2003. The Economics of Biodiversity: A Multivariate Meta-analysis. Vrije Universiteit, Amsterdam.

Norris, K., Potts, S.G., and Mortimer, S.R. 2010. Ecosystem Services and Food Production. In: Hester, R.E. and R.M. Harrison. 2010 (Eds.) Ecosystem Services. Issues in Environmental Science and Technology. Royal Society of Chemistry Publishing, UK. 52-69.

Nunes, P., and Bergh, J. 2001. Economic valuation of biodiversity: sense or nonsense. Ecology 39: 203-222.

OECD, 2002. Handbook of Biodiversity Valuation. A Guide for Policy Makers. OECD, Paris, France.

Pimentel, D., Hepperly, P., Hanson, J., Douds, D., and Seidel, R. 2005. Environment, energetic, and economic comparisons of organic and conventional farming systems. Bioscience 55: 573-581.

Pretty, J.N. 2002. Agriculture: Reconnecting People, Land and Nature. Earthscan Publications Ltd., London.

Pretty, J.N., Brett, C., Gee, D., Hine, R.E., Mason, C.F., Morison, J.I.L., Raven, H., Rayment, M.D., and Vander Bijl, G. 2000. An assessment of the total external costs of UK agriculture. Agricultural Systems 65: 113-136.

Randall, A. 2002. Valuing the out puts of multifunctional agriculture. European Review of Agriculture Economics 29: 280-307.

Syswerda, S.P. 2009. Ecosystem services from agriculture across a management intensity gradient in Southwest Michigan. PhD thesis, Michigan State University.

Sandhu, H.S., Wtatten, S.D., Cullen, R., and Case, B. 2008. The future of farming: The value of ecosystem services in conventional and organic arable land. An experimental approach. Ecological Economic 64: 835-848.

TEEB Foundations, 2010. In: Kumar, P. (Ed.), The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. Earth Scan, London, Washington.

Thornes, J. 2010. Atmospheric services. In: Hester, R.E. and Harrison, R.M. 2010 (Eds.) Ecosystem Services. Issues in Environmental Science and Technology. Royal Society of Chemistry Publishing, UK. 70-104.

Tilman, D., Cassman, K., Matson, P., Naylor, R., and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and the costs and benefits of intensive production practices. Nature 418: 671-677.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 612-627

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 627-612

Economic Value of Agroecosystem Services within Wheat Fields in Khorasan Razavi Province

A. Koocheki[1*], M. Nassiri Mahallati[1], A. Amin Ghafouri[2], M. Mahlojirad[2] and F. Fallahpour[2]

Submitted: 23-04-2013
Accepted: 15-01-2014

Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Amin Ghafouri, A., Mahloji, M., and Fallahpour, F. 2017. Economic value of agroecosystem services within wheat fields in Khorasan Razavi province. Journal of Agroecology 8(4): 612-627.

Introduction

Due to its multifunctional nature agriculture play important roles in ecological processes such as carbon sequestration, flood control, groundwater recharge, nutrient cycling, and purifying water, soil and air in addition to providing food, feed and fiber. These cover almost all ecological services provided by natural ecosystems, including provisioning services, regulating services, supporting services and cultural services (MEA, 2005). Provisioning services are the products obtained from ecosystems, including food, fiber and fuel. Regulating services are the benefits arising from the regulation of ecosystem processes, such as climate regulation, water purification, pollination and the control of pests and diseases. Cultural services are the non-material benefits people obtain from ecosystems, as spiritual enrichment, recreation and aesthetic experiences. Supporting services are those services necessary for the production of all other ecosystem services, such as soil formation and nutrient cycling (Norris et al., 2010). However, most of these services are not recognized and their values are hidden to the society. On the other hand, unlike natural ecosystems that only produce positive ecological services, agro-ecosystems also contribute to some negative externalities e.g. emission of greenhouse gases, leaching of chemicals into soil and water resources and reduction of biodiversity that should be taken into account (Norris et al., 2010). Economic valuation of these services makes them attractive for the society and policymakers to pay more attention towards conservation of ecosystem services. In Iran, studies on ecosystem services are scared and in global scale researches are mainly focused on natural ecosystems. In this study the economic value of ecological services as well as negative environmental externalities of wheat fields were estimated in the Khorasan Razavi province.

Materials and methods

Information was extracted from questionnaires collected from 40 fields varying in area, management and inputs level. Using these data economic value of feed and food, carbon sequestration, oxygen production, biodiversity, water retention and tourism together with greenhouse gas emission and nitrogen and phosphorous leakage as environmental externalities was quantified. Calculations were based on standard methods described by Millennium Ecosystem Assessment. Economic values were estimated as international dollar as proposed by De Groot et al. (2012) and reported as equivalent national price.

Results and discussion

The mean value of the total agroecosystem services of wheat fields excluding externalities, were estimated as 66.85×10^{6} $Rls.ha^{-1}.y^{-1}$. The value of non-marketable services was 3.46 times more than food and feed and on average atmospheric services (oxygen production and carbon sequestration) contributed up to 62% of total value while biodiversity and provisional services included 9.3 and 21% of total, respectively and the other services below 5%. Net value of services was increased with increasing field size. However, doubling field size resulted in 50% increase in net value because larger fields were more intensified leading to higher negative impacts. Economic value of services was significantly dependent on wheat total dry matter and yield. Nonlinear relation

1 and 2- Professor and PhD Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.51347

was found between wheat yield and total value of services where a break point was found at yields above 4 $t.ha^{-1}$. However, negative externalities were increased linearly with increasing both total dry matter and grain yield.

Conclusion

Results of this study indicated that despite to intensive management wheat production systems of Khorasan province are able to provide several regulating and supporting services and their economic value is 3-4 folds higher than provisional services harvested as grain and feed. However, negative externalities will be increased in more intensified fields with higher yield. Feeding a growing human population is obviously critically important and can only be done by recognizing and embracing the concept that food production systems are embedded within ecosystems. They depend on ecosystem services and have ecosystem impacts. Promotion of multifunctional characteristics of agroecosystems to maintain high yield together with ecological services, should be considered as an alternative for conventional management practices.

Keywords: Biodiversity, Economic value, Ecosystem services, Environmental externalities

References

De Groot, R., Brander, L., Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., Crossman, N., Ghermand, A., Hein, L., Hussain, S., Kumar, P., McVittie, A., Portela, R., Rodriguez, L.C., Brink, P., and vanBeukering, P. 2012. Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosystem Services 1: 50-61.

MEA, Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. Island Press, Washington DC.

Norris, K., Potts, S.G., and Mortimer, S.R. 2010. Ecosystem services and food production. In: Hester, R.E. and Harrison, R.M. 2010 (Eds.) Ecosystem Services. Issues in Environmental Science and Technology. Royal Society of Chemistry Publishing, UK. 52-69.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 628-643

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 643-628

بررسی تأثیر پرایمینگ بذر و نشاءکاری بر برخی صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت فوق شیرین (*Zea mays* L. var. saccharata)

متین حقیقی خواه[1]، محمد خواجه حسینی[2*]، مهدی نصیری محلاتی[3] و سعید خاوری خراسانی[4]

تاریخ دریافت: 1395/03/07
تاریخ پذیرش: 1395/04/12

حقیقی خواه، م.، خواجه حسینی، م.، نصیری محلاتی، م.، و خاوری خراسانی، س. 1395. بررسی تأثیر پرایمینگ بذر و نشاکاری بر برخی صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت فوق شیرین (*Zea mays* L. var. saccharata). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی، 8(4): 643-628.

چکیده

یکی از مشکلات کشت ذرت شیرین (*Zea mays* L. var. saccharata) سبز شدن ضعیف بذرهای این گیاه می‌باشد که این امر سبب عدم دستیابی به تراکم مطلوب و عدم یکنواختی پراکنش بوته‌ها می‌شود و باعث کاهش کارایی مصرف نهاده‌ها می‌شود. به نظر می‌رسد بتوان از پرایمینگ بذر و نشاکاری در جهت رفع مشکل بد سبزی ذرت شیرین استفاده نمود. به منظور بررسی اثر پرایمینگ بذر و نشاکاری بر برخی صفات مورفولوژیک، اجزای عملکرد و عملکرد ذرت فوق شیرین آزمایشی در سه بخش آزمایشگاهی (در آزمایشگاه بذر دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی)، گلخانه‌ای و مزرعه‌ای در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد که بخش آزمایشگاهی و گلخانه‌ای در سال 1392 در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار و بخش مزرعه‌ای در سال زراعی 92-1391 به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای مورد مطالعه در مزرعه شامل پرایمینگ بذر در چهار سطح (شاهد، هیدروپرایمینگ پلی‌اتیلن‌گلایکول 0/4- مگاپاسکال و سولفات سدیم 0/1 درصد) و نحوه کاشت در چهار سطح (کشت مستقیم در تاریخ 15 خرداد، کشت مستقیم در تاریخ پنج تیر، نشاکاری در سلول 25 سی‌سی و نشاکاری در سلول 100 سی‌سی) بود. صفات تعداد بوته استقرار یافته، ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته، تعداد برگ بالای بلال، طول بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه و عملکرد دانه مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که پرایمینگ بذر در سطح مزرعه اثر معنی‌داری بر صفات مورد بررسی نداشت حال آن‌که فاکتور نحوه کاشت بر تمام صفات مورد بررسی دارای تأثیر معنی‌دار بود. اثرات متقابل تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد مطالعه به غیر از صفت طول بلال نداشت. عملکرد دانه در تیمارهای نشاکاری بالاتر از کشت مستقیم بود به نحوی‌که بالاترین عملکرد از کشت درون سینی با میزان 10/11 تن در هکتار به دست آمد و پایین‌ترین عملکرد مربوط به تیمار کشت مستقیم بذر در پنج تیر ماه با میزان 6/5 تن در هکتار بود. نتایج نشان داد تعداد بوته استقرار یافته بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه داشت (r=0.64**). به طور کلی تعداد بوته استقرار یافته در تیمارهای نشاکاری بالاتر از کشت مستقیم بود. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که با نشاکاری این گیاه مشکل بد سبزی بر طرف شده و در نهایت افزایش عملکرد را در پی خواهد داشت. می‌توان نشاکاری را به عنوان روشی مناسب برای افزایش عملکرد و در نهایت افزایش کارایی مصرف نهاده‌ها در ذرت شیرین معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: اسموپرایمینگ، بد سبزی بذر، روش کاشت، هیدروپرایمینگ

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یکی از رایج‌ترین گیاهان زراعی است که در حال حاضر رتبه سوم را بعد از گندم (*Triticum aestivum* L.) و برنج (*Oriza sativa* L.) از نظر سطح زیر کشت در سطح جهانی به خود اختصاص داده است (Eskandarnejad et al., 2013). ذرت نسبت به سایر غلات از تنوع ژنتیکی بالاتری برخوردار است و در نتیجه کوشش محققان به نژادی برای اصلاح ارقام ذرت و تولید هیبریدهای جدید، این گیاه در اکثر نقاط جهان کشت می‌شود. ذرت شیرین (*Zea mays* L. var. saccharata) یک نوع ذرت جهش‌یافته است که با انجام جهش ژنتیکی در لوکوس Su از کروموزوم شماره

1، 2، 3 و 4- به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی
(*- نویسنده مسئول: Email: saleh@ferdowsi.um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.55982

چهار ذرت معمولی حاصل شده است که این تغییر باعث تجمع قند و پلی‌ساکاریدهای محلول در آندوسپرم دانه می‌شود (Kaucis & Daivis, 1998). در بین ارقام دارای قند بالا ارقام فوق شیرین از لحاظ میزان بسیار بالای کربوهیدرات‌ها حتی از ارقام ذرت شیرین نیز برجسته‌تر می‌باشند. با وجود صفات مطلوب کیفی ذرت شیرین و فوق شیرین کشت آن‌ها به جهت برخی مشکلات محدود است. بذرهای این ارقام دارای سرعت جوانه‌زنی پایین و اختلال در سبز شدن می‌باشند (Rattin et al., 2006) به طور کلی، فرآیند جوانه‌زنی بذر به عنوان یک عامل کلیدی در کشاورزی مطرح است (McDonald et al., 1994). در چرخه زندگی گیاهان مرحله جوانه‌زنی و سبز شدن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است به طوری‌که در استقرار مطلوب گیاه و در نتیجه عملکرد آن عاملی مهم و تعیین کننده به شمار می‌رود (Hadas, 1976; Murungu, 2003). زمان جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی از جمله مفاهیم مهم اکولوژیکی بوده و می‌توانند در بقاء گیاهچه و مراحل رشدی بعدی آن تا بلوغ گیاه تأثیر به سزایی داشته باشند (Xiao, 2010). بنابراین اختلال در فرآیند جوانه‌زنی و استقرار مطلوب سبب عدم یکنواختی در رسیدگی بلال و عملکرد پایین می‌شود. بذرهای ذرت شیرین به سرمای خاک حساس می‌باشند، میزان این حساسیت در ذرت فوق شیرین بالاتر است به طوری‌که تا زمانی که دمای خاک به 15 درجه سانتی‌گراد نرسیده باشد جوانه‌زنی آن آغاز نمی‌شود (Dvid, 2015).

محققان جوانه‌زنی پایین ذرت شیرین را به بنیه پایین بذر و حساسیت بذر به بیماری‌های خاکزی نسبت داده‌اند (Khalid et al., 2011). صدمه به بذر در طول دوره آبنوشی سبب افزایش نشت الکترولیت‌ها و کربوهیدرات‌ها به بیرون آن شده که به عنوان یکی از عوامل مهم تأثیرگذار در استقرار ضعیف ذرت شیرین شناخته شده است، به نحوی‌که سبب تحریک قارچ‌های بیماری‌زای درون خاک می‌شود و از طرف دیگر، میزان پایین کربوهیدرات‌ها درون بذر اثر منفی بر جوانه‌زنی آن خواهد داشت (Schmidt & Tracy, 1988; Wann, 1986).

آزمایشات حاکی از آن هستند که می‌توان با استفاده از تیمار نمودن بذر از جمله پرایمینگ، به جوانه‌زنی سریع، ظهور یکنواخت و استقرار قوی گیاه دست یافت (Afzal et al., 2002; Ashraf et al., 2005; Farooq et al., 2006a). پرایمینگ به تعدادی از روش‌های مختلف بهبود دهنده بذر اطلاق می‌شود که در آن‌ها آبدهی کنترل شده بذر اعمال می‌شود (Farooq et al., 2006b). هدف کلی پرایمینگ بذر آبدهی جزئی آن‌ها می‌باشد به طوری‌که بذر مرحله اول (جذب سریع آب) و دوم (شروع فرآیندهای بیوشیمیایی و هیدرولیز قندها) جوانه‌زنی را طی نموده ولی از ورود به مرحله سوم یعنی خروج ریشه‌چه و در نتیجه جوانه‌زنی (مصرف قند توسط جنین و رشد ریشه‌چه) باز می‌ماند (Bradford, 1995). در حقیقت با اعمال پرایمینگ بذر مقدار آب لازم جهت شروع فعالیت‌های اولیه جوانه‌زنی را جذب می‌کند (Omidi et al., 2005)ف ولی به دلیل پایین بودن میزان آب جذب شده از خروج ریشه‌چه ممانعت به عمل می‌آید محققان در آزمایش‌های که بر روی بذر هندوانه (*Citrullus lanatus* L.) (Demir & Mavi, 2004) پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) و ذرت (Murungu et al., 2003) انجام دادند اظهار داشتند تکنیک پیش تیمار بر سبز شدن گیاهچه و وزن خشک این گیاهچه‌ها اثر مثبت داشته است. از بذر پرایمینگ شده می‌توان در کشت مستقیم بذر و نیز نشائی گیاهان از جمله ذرت استفاده نمود. استفاده از بذر پرایمینگ شده در کشت نشائی سبب تولید نشاءهای یکنواخت می‌شود.

نشاءکاری یکی از روش‌های مناسب جهت بهبود سبز شدن و استقرار مناسب گیاهان است. با این روش می‌توان شرایط محیطی مطلوبی را برای جوانه‌زنی بذر و سبز شدن آن فراهم نمود و از کشت بذر در خاک‌های آلوده جلوگیری کرد. در نشاءکاری ذرت، زمان برداشت کوتاه می‌گردد به طوری‌که این زمان در آمریکا به یک تا دو هفته و در فرانسه به 10 تا 12 روز می‌رسد (Fanadzo et al., 2010). نشاءکاری ذرت در کشور کره شمالی بسیار رایج می‌باشد و از کشت نشائی آن در سایر نقاط دنیا از جمله ویتنام و قسمت‌هایی از شمال هند گزارشاتی وجود دارد (Khehra et al., 1990). علاوه بر مزایای مذکور، در کشت نشائی مصرف آب در مراحل اولیه رشد گیاه کاهش قابل توجهی می‌یابد و در نتیجه کارایی مصرف آب در تولید ذرت افزایش می‌یابد. ذرت از جمله گیاهانی است که با وجود داشتن کارایی مصرف آب بالا ولی میزان آب مصرفی بالایی دارد. با استفاده از کشت نشائی می‌توان حداقل سه تا چهار مرحله در آبیاری صرفه‌جویی نمود (Singh et al., 2012). این موضوع به ویژه در مناطق کم آب جهان از جمله ایراناز اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

با این حال، گزارش شده که ذرت جز دسته‌ای از گیاهان قرار دارد که نشاءکاری در آن‌ها با اندکی مشکل مواجه است. محققان گزارش

کرده‌اند که این مشکل به سبب آسیب به ریشه در زمان انتقال نشاء می‌باشد (Khalid et al., 2011). ریشه‌های ذرت برخلاف گیاهانی مانند گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) و کاهو (*Lactuca sativa* L.) پس از قطع شدن در زمان انتقال به کندی رشد مجدد خود را شروع می‌نمایند. بنابراین، ناتوانی ذرت در تولید دوباره ریشه‌های آسیب دیده سبب به وجود آمدن گیاهان کوتاه با سنبله‌های کوچک و بی‌کیفیت می‌شود (Wellbaum et al., 2001). یکی از راهکارهای تولید نشاء با ریشه‌های مناسب استفاده از ظرف نشاءکاری با اندازه مناسب است. نشاءها در ظرف‌ها با اندازه‌های متنوعی تولید می‌شوند تولیدکنندگان نشاء تمایل به استفاده از سینی-های نشاء با حفره‌های بسیار کوچک و تعداد زیاد دارند در حالی‌که مصرف‌کنندگان نشاء علاقمند به بزرگترین اندازه ممکن ظروف جهت تولید نشاء قوی هستند. بی‌تردید توسعه سیستم ریشه‌ای نشاء تحت تأثیر اندازه ظرف آن قرار می‌گیرد، اما انتخاب اندازه مناسب که هم نشائی قوی تولید کند و هم از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد ایده‌آل‌ترین حالت است.کشت نشائی پنبه در سلول 37 سی‌سی سبب افزایش درصد استقرار به میزان 20 درصد نسبت به سلول 22 سی‌سی شد (Khajeh-Hosseini et al., 2016). محققان گزارش دادند که با افزایش اندازه سلول از 35 به 100 سی‌سی طول ریشه گیاهچه ذرت شیرین از 8/7 سانتی‌متر به 20/3 سانتی‌متر رسید (Manzari Tavakoli & Khajeh-Hosseini, 2015).

در صورت مهیا نشدن تراکم مطلوب در مزرعه نهاده‌هایی مانند زمین، نور، مواد غذایی و خصوصاً آب به هدر می‌روند و عملکرد در واحد سطح نسبت به تراکم مطلوب کاهش می‌یابد. یافتن راهی جهت بر طرف نمودن این مشکل در ذرت شیرین امری ضروری به نظر می‌رسد. هدف از این تحقیق بررسی اثر پرایمینگ و نشاءکاری بر جوانه‌زنی، استقرار گیاهچه و عملکرد ذرت فوق شیرین می‌باشد.

مواد و روش‌ها

بخش آزمایشگاهی

بذرهای مورد مطالعه از شرکت فلات بذر ایران تهیه شد که در سال 2012 میلادی توسط کمپانی آمریکایی اسگرو تولید شده بود. جهت تعیین رطوبت اولیه بذرها دو تکرار پنج گرمی از بذرها وزن گردید و پس از آسیاب نمودن آن‌ها در داخل آون با دمای 130 درجه-ی سانتی‌گراد برای مدت یک ساعت قرار داده شدند (ISTA, 2009). برای تعیین مدت زمان پرایمینگ بذر، آزمون جوانه‌زنی به روش بین کاغذ در چهار تکرار 25 تایی در قالب طرح کاملاً تصادفی بذر در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشگاه فردوسی مشهد در سال 1392 انجام شد (ISTA, 2009). از آن‌جایی که کمترین زمان جوانه‌زنی در توده مورد آزمایش 42 ساعت بود دوره پرایمینگ 36 ساعت در نظر گرفته شد.

بذرها به صورت تصادفی انتخاب و به مدت 36 ساعت تحت تیمارهای پرایمینگ قرار داده شدند. تیمارهای پرایمینگ شامل پلی-اتیلن‌گلایکول (6000)، 0/4 - و 0/8- مگاپاسکال، تیمار سولفات روی 0/5 و یک درصد، سولفات سدیم 0/1 و 0/5 درصد، سولفات مس 0/1 و 0/5 درصد، هیدروپرایمینگ و تیمار شاهد بودند. پس از 36 ساعت که بذرها در محلول‌های فوق قرار گرفتند به صافی منتقل شده و سه مرتبه با آب مقطر شستشو شدند تا محلول‌ها کاملاً از سطح بذرها پاک شود. پس از گرفتن آب سطحی آن‌ها بر روی کاغذ صافی قرار داده شدند تا در محیط آزمایشگاه به آرامی خشک شده و به رطوبت اولیه خود بازگردند. پیش از شروع آزمایشات بعدی نمونه-هایی از هر تیمار به منظور تعیین محتوی رطوبت بذر جدا شده و با رطوبت اولیه بذرها مقایسه گردید تا از رسیدن آن‌ها به رطوبت اولیه اطمینان حاصل شود. سپس بذرهای پرایمینگ شده در داخل سینی-های تولید نشاء با حجم 25 سی‌سی که حاوی مخلوطی از کوکوپیت و ورمی‌کمپوست بود، کاشته شدند. شمارش روزانه بذر سبز شده به مدت 10 روز انجام شد و در نهایت درصد و متوسط زمان سبز شدن برای تعیین بهترین تیمار پرایمینگ، مورد بررسی قرار گرفت. متوسط زمان سبز شدن با استفاده از معادله (1) محاسبه شد (Khajeh Hosseini et al., 2009).

$$MET = \frac{\sum(fx)}{\sum f} \quad (1)$$

در این معادله، MET: متوسط زمان سبز شدن (روز)، x: روز شمارش و f: تعداد بذر سبز شده در هر روز می‌باشد.

بخش گلخانه‌ای

آزمایش در گلخانه (گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد) در بهار و تابستان سال 1392 در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار پس از اعمال تیمارهای پرایمینگ (هیدروپرایم و سولفات سدیم 0/1 درصد و پلی‌اتیلن‌گلایکول 0/4- مگاپاسکال) بذرهای تیمار شده و بذر خشک به عنوان شاهد در سینی‌های کشت

با دو سایز مختلف سلول 25 و 100 سی‌سی و بستر کوکوپیت و ورمی‌کمپوست به نسبت سه به یک کشت و به مدت 21 روز در شرایط گلخانه پرورش داده شدند. آبیاری و شمارش بذرهای سبز شده به صورت روزانه انجام شد.

آزمایشات مزرعه‌ای

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در پنج کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی 36 درجه و 16 دقیقه شمالی و طول جغرافیایی 59 درجه و 28 دقیقه شرقی و ارتفاع 985 متر از سطح دریا به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی 92-1391 به اجرا درآمد. تیمارها در این آزمایش عبارت بودند از: پرایمینگ بذر در چهار سطح (پلی‌اتیلن‌گلایکول 0/4- مگاپاسکال، سولفات سدیم 0/1 درصد، هیدروپرایمینگ و تیمار شاهد) و نوع کشت در چهار سطح (کشت نشاء در سلول‌های با حجم 25 و 100 سی‌سی کشت مستقیم بذر همزمان با کشت بذر در ظرف‌های نشاءکاری و کشت مستقیم بذر همزمان با انتقال نشاء به زمین اصلی). پیش از شروع آزمایش جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش از عمق صفر تا 30 سانتی‌متری نمونه‌برداری انجام شد (جدول1).

جدول 1- برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک

Table 1- Some of physical and chemical properties of field soil

رس (درصد) Clay (%)	لای (درصد) Silt (%)	شن (درصد) Sand (%)	پتاسیم (میلی گرم در کیلوگرم) K (ppm)	فسفر (میلی گرم در کیلوگرم) P (ppm)	نیتروژن (درصد) N (%)	هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی-متر) EC(µS.cm^{-1})	اسیدیته pH	بافت Texture
16	58	26	164	6	0.042	1.2	7.7	لوم-سیلتی Silt-loam

مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و لولر بود و در ادامه زمین به صورت جوی و پشته با فواصل 70 سانتی‌متر بین دو پشته در آورده شد. هر کرت آزمایشی دارای پنج ردیف به طول چهار متر بود و فاصله بوته‌ها روی ردیف 20 سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آب مورد نیاز به فاصله هر هفت روز توسط لوله‌های آبیاری در اختیار گیاه قرار داده شد. در طول فصل رشد سه مرحله وجین انجام شد و کود نیتروژن طی سه مرحله 300 کیلوگرم در هکتار و کود سوپر فسفات تریپل 150 کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت مورد استفاده قرار گرفت.

کشت مستقیم اول در تاریخ 15 خرداد همزمان با کشت بذر در داخل سینی‌های کشت صورت گرفت. کشت مستقیم دوم همزمان با انتقال نشاءها به زمین اصلی در تاریخ پنج تیر انجام شد. برای بررسی خصوصیات فنولوژیک ذرت (ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، تعداد برگ، تعداد برگ بالای بلال) پس از تشکیل بلال، هفت بوته به صورت تصادفی انتخاب شد. در مرحله برداشت اقتصادی (مرحله خمیری) پس از حذف دو ردیف حاشیه برای بر طرف نمودن اثر حاشیه هفت بوته از ردیف‌های میانی معادل یک مترمربع تراکم مطلوب جهت اندازه‌گیری عملکرد و اجزای عملکرد انتخاب و برداشت شدند.

در نهایت، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS نسخه 9/2 انجام شد و توسط آزمون دانکن میانگین‌ها مورد مقایسه قرار گرفتند و نمودارها توسط نرم‌افزار Excel رسم شدند.

نتایج و بحث

نتایج مطالعات آزمایشگاهی و گلخانه‌ای

متوسط زمان سبز شدن (MET[1]) و درصد سبز شدن

فاکتور متوسط زمان سبز شدن در واقع نشان‌دهنده سرعت سبز شدن گیاهچه می‌باشد. بدین معنی که پایین بودن متوسط زمان سبز شدن نشان‌دهنده سرعت بالای سبز شدن می‌باشد. با توجه به شکل

1- Mean emergence time

1 پایین‌ترین متوسط زمان سبز شدن مربوط به تیمار سولفات سدیم 0/1 درصد با میزان چهار روز بود و بالاترین میزان این فاکتور در تیمار شاهد (7/1 روز) به دست آمد که این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار بود. با توجه به شکل 2 بالاترین درصد بوته سبز شده با میزان 94 درصد مربوط به تیمار هیدروپرایمینگ بود که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای سولفات سدیم 0/1 درصد و پلی‌اتیلن‌گلایکول (6000) با غلظت 0/4– با میزان 93 درصد سبز شدن نداشت. این تیمارها درصد سبز شدن را به میزان 20 درصد نسبت به شاهد افزایش دادند.کمترین میزان درصد سبز شدن مربوط به تیمار سولفات روی 0/5 درصد با میزان 56 درصد بود. به طور کلی به نظر می‌رسد تیمارهای پرایمینگ سولفات سدیم، هیدروپرایمینگ و پلی‌اتیلن‌گلایکول با فعال نمودن فرآیندهای بیوشیمیایی در مرحله دوم منحنی جذب آب بذر[1] (فاز تأخیری[2]) باعث کوتاه شدن دوره فاز تأخیری و در نتیجه افزایش سرعت و درصد جوانه‌زنی شد (McDonald, 1998). با در نظر گرفتن دو فاکتور متوسط زمان سبز شدن و درصد سبز شدن نهایی تیمارهای سولفات سدیم 0/1 درصد، پلی‌اتیلن‌گلایکول 0/4- و هیدروپرایمینگ برای انجام مراحل بعدی آزمایش در مزرعه استفاده شدند. مطالعات پیشین نیز حاکی از اثر مثبت پلی‌اتیلن‌گلایکول بر درصد و سرعت سبز شدن ذرت شیرین می‌باشند (Bodswath & Bewley, 1981). تیمار پلی اتیلن گلایکول 0/56– مگاپاسکال سبب افزایش درصد سبز شدن و سرعت سبز شدن بذر ذرت شیرین نسبت به تیمار شاهد شد (Murray, 1990). اثرات مثبت هیدروپرایمینگ بر جوانه‌زنی و سبز شدن گزارش شده است. محققان کاهش زمان جذب آب برای بذرهای ذرت پرایمینگ شده را دلیل افزایش سرعت و درصد سبز شدن دانسته‌اند (Abutalebian et al., 2012).

نتایج مطالعات مزرعه‌ای

درصد بوته استقرار یافته

با توجه به نتایج تجزیه واریانس تیمار پرایمینگ اثر معنی‌داری بر تعداد بوته استقرار یافته نداشت در صورتی‌که تیمار نحوه کاشت در سطح آماری یک درصد بر تعداد بوته استقرار یافته اثر داشت (جدول 2). به طور کلی، تعداد بوته استقرار یافته در تیمارهای نشاءکاری حدود 30 درصد بیشتر از تیمارهای کشت مستقیم بود به طوری‌که بیشترین درصد بوته استقرار یافته مربوط به تیمار کشت نشائی در سلول 25 سی‌سی با میزان 95 درصد بود و کمترین میزان درتیمار کشت مستقیم در تاریخ دوم (پنج تیرماه) با میزان 60 درصد به دست آمد (جدول 3). قابل ذکر است که بین تیمارهای کشت نشائی با هم از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. همچنین تیمارهای کشت مستقیم بذر نیز از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نداشتند. دلیل تفاوت بین کشت مستقیم و کشت نشائی از لحاظ درصد بوته استقرار یافته به بد سبزی بذرهای ذرت شیرین مربوط می‌شود (Khalid et al., 2011). در کشت مستقیم بذر در خاک کشت می‌شود حال آن‌که در کشت نشائی گیاهچه به زمین منتقل می‌شود و این امر خطر بد سبزی و نرسیدن به تراکم مورد نظر را از بین می‌برد.

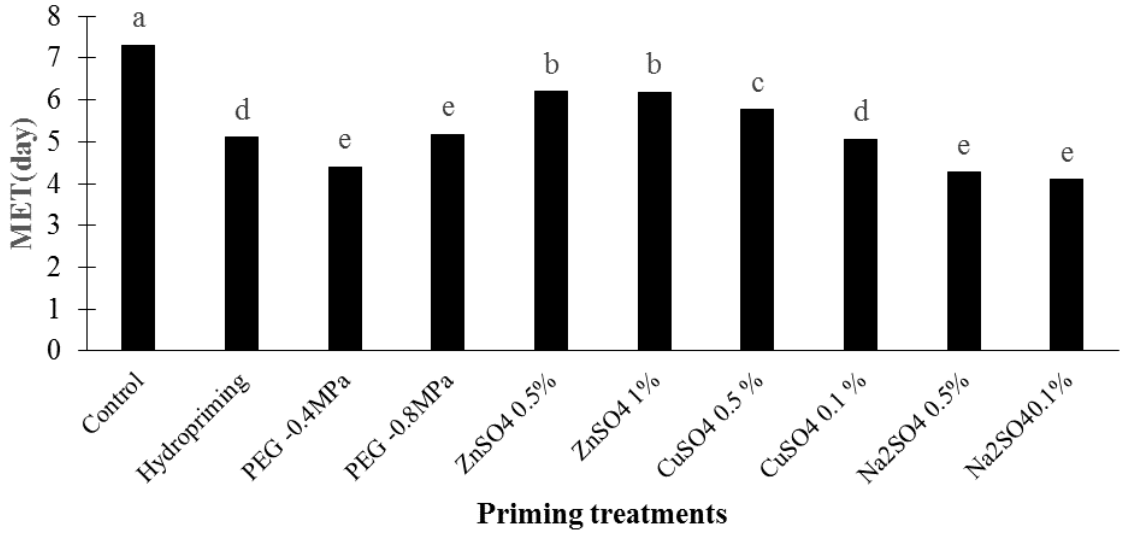
یکی از مزایای قابل توجه کشت نشائی رسیدن به تراکم مطلوب در مزرعه می‌باشد. در سیستم کشت نشائی گیاه مرحله سبز شدن را در شرایط کنترل شده و مطلوب‌تری نسبت به مزرعه در گلخانه طی می‌کند و از خطراتی مانند رطوبت بالا یا خشکی، بیماری‌ها و آفات و خورده شدن توسط پرندگان حفاظت می‌شود و در مرحله‌ای وارد مزرعه می‌شود که توانایی ادامه مراحل رشدی را دارد (Di benedtto, 2006; Menasha & Tigner, 2004; Rattin et al., 2006).

ارتفاع بوته

پرایمینگ و اثر متقابل پرایمینگ و روش کاشت تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع گیاهان نداشتند اما این صفت در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر روش کاشت قرار گرفت (جدول 2). بالاترین ارتفاع بوته در تیمار کشت مستقیم دوم (10 تیرماه) با میزان 147 سانتی‌متر مشاهده شد (جدول 3) که به نظر می‌رسد دلیل این ارتفاع بالاتر در تاریخ کشت دوم درجه حرارت بالا در مراحل اولیه رشد می‌باشد. گیاهان کشت شده در تاریخ دوم نسبت به تاریخ کشت اول، در مراحل اول سرعت رشد بیشتری داشته و سطح برگ خود را سریع‌تر افزایش داده است و افزایش سطح برگ منجر به فتوسنتز بیشتر در مراحل اولیه شده و مواد فتوسنتزی کافی نیز اجازه رشد بیشتر را به بوته می‌دهد. نتایج مطالعات پیشین نیز با نتایج فوق مطابقت دارد. تأخیر در کاشت از 15 خرداد به 30 خرداد منجر به افزایش ارتفاع بوته شد (Ashofte et al., 2011). تفاوت دو کشت نشائی از لحاظ آماری معنی‌دار نبود، ولی ارتفاع بوته‌هایی که نشاءهای آن‌ها در سلول‌های با حجم 25 سی‌سی تولید شده بودند بالاتر از ارتفاع بوته‌هایی که نشاءهای آن‌ها

1- Seed imbibition curve
2- Lag phase

در سلول‌های با حجم 100 سی‌سی تولید شده بودند، بود.

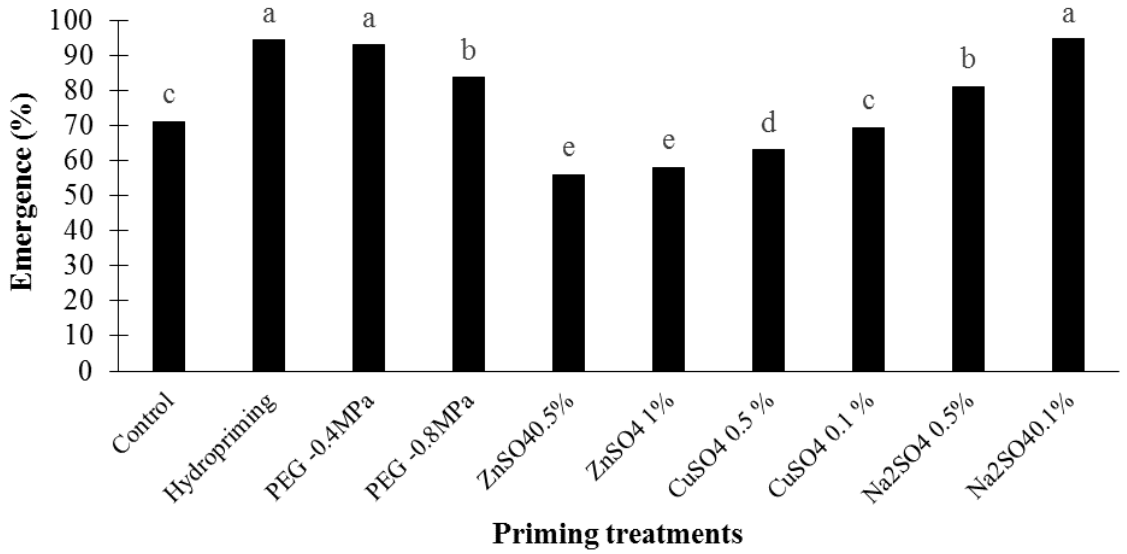


شکل 1- مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای متفاوت پرایمینگ بذر بر متوسط زمان سبز شدن بذر ذرت فوق شیرین

Fig. 1- Mean comparison for the effect of different seed priming on mean emergence time of super sweet corn seeds

میانگین‌های دارای حروف مشترک به ازای هر جزء در هر ستون به روش دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq0.05$).

Means with the same letters for each component in each column or not significantly different, DMRT ($p\leq0.05$).



شکل 2- مقایسه میانگین تاثیر تیمارهای متفاوت پرایمینگ بذر بر درصد سبز شدن بذر ذرت فوق شیرین

Fig. 2- Mean comparison for the effect of different seed priming on emergence percentage of super sweet corn seeds

میانگین‌های دارای حروف مشترک به ازای هر جزء در هر ستون به روش دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq0.05$).

Means with the same letters for each component in each column or not significantly different, DMRT ($p\leq0.05$).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی خصوصیات فنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت فوق شیرین تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ بذر و نحوه کشت

Table 2- Analysis of variance (MS) for some phonological characteristics, yield and yield components of super sweet corn under different priming treatments and planting methods

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	درصد بوته استقرار یافته Stablished plant (%)	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ در بوته No. leave per plant	تعداد برگ بالای بلال No. leave above ear	طول بلال Ear length	تعداد دانه در ردیف No. kernel per row	تعداد ردیف دانه No. rows per ear	وزن هزار دانه 1000- Kernel weight	عملکرد کل Total yield
تکرار Block	2	78.08^{ns}	66.08^{ns}	0.255^{ns}	0.25^{ns}	0.35^{ns}	27.27^{*}	0.4^{ns}	1.24^{ns}	11810481^{ns}
نحوه کاشت Planting methods	3	900.05^{**}	1945.88^{**}	1.171^{**}	0.94^{**}	30.64^{**}	139.43^{**}	8^{**}	1.67^{**}	35919995^{**}
پرایمینگ Priming	3	8.55^{ns}	84.72^{ns}	0.130^{ns}	0.45^{ns}	1.55^{**}	7.95^{ns}	1.07^{ns}	0.57ns	605317^{ns}
نحوه کشت × پرایمینگ Planting method × Priming	9	18.20^{ns}	153.42^{ns}	0.315^{ns}	0.27^{ns}	2.128^{**}	9.6^{ns}	0.59^{ns}	0.26^{ns}	2667353^{ns}
اشتباه Error	29	32.79	100.52	0.199	0.194	0.338	6.32	1.42	0.36	4353071
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		12.89	7.55	4.69	7.66	2.9	6.42	8.61	7.08	24.88
ضریب تبیین R		0.75	0.71	0.54	0.55	0.91	0.75	0.439	0.51	0.54

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

*, ** and ns: Are significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and not significant, respectively.

جدول۳- مقایسه میانگین برخی خصوصیات فنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت فوق شیرین تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ بذر و نحوه کشت

Table 3- Means comparison of some phonological characteristics, yield and yield component of super sweet corn under different priming treatments and planting methods

تیمارها Treatments	درصد بوته استقرار یافته Stablished plant (%)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد برگ در بوته No. leave per plant	تعداد برگ بالای بلال No. leave above ear	طول بلال (سانتی‌متر) Ear length (cm)	تعداد دانه در ردیف No. kernel per row	تعداد ردیف دانه No. rows per ear	وزن هزار دانه (گرم) 1000- Kernel weight (g)	عملکرد کل (کیلوگرم در هکتار) Total yield ($kg.ha^{-1}$)
نحوه کاشت **Planting method**									
کشت مستقیم در تاریخ ۱۵ خرداد Direct planting in 5 June	70.7 b*	116.7 c	9.2 b	5.8 ab	22.2 a	42.6 a	14.9 a	352.4a	7362.1 b
کشت مستقیم در پنج تیر Direct planting in 25 June	64.0 b	147.6 a	9.3 b	6.1 a	18.6 c	34.9 c	13.9 b	354 a	6501 b
کشت نشائی در سلول ۲۵ سی‌سی Transplanting in 25cc cell size	94.4 a	135.4 b	9.9 a	5.7 bc	20.4 b	40.9 a	13.2 b	322.4 b	10113.7 a
کشت نشائی در سلول ۱۰۰ سی‌سی Transplanting in 100 cc cell size	93.2 a	130.9 b	9.6 ab	5.4 c	18.9 c	38.1 b	13.3 b	335.6 ab	9566.5 a
پرایمینگ **Priming treatments**									
شاهد Control	45 a	132.9 a	9.5 a	5.7 ab	20.3 a	38. 9 a	13.5 a	346.8 a	8339.8 a
هیدروپرایم Hydropriming	45.2 a	136.2 a	9.7 a	6.1 a	20.1 a	40.4 a	14 a	334.8 a	8528.3 a
پلی اتیلن گلایکول (مگا پاسکال) PEG (-0.4 MPa)	43.3 a	131.7 a	9.5 a	5.6 b	20.1 a	38.8 a	14.2 a	350 a	8586.6 a
سولفات سدیم Na_2SO_4 (0.1 %)	44.2 a	129.8 a	9.5 a	5.7 ab	19.4 b	38.6 a	13.7 a	332.4 a	8088.5 a

* میانگین‌های دارای حروف مشترک به ازای هر جزء در هر ستون به روش دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند ($p \leq 0.05$).

* Means with the same letters for each component in each column or not significantly different, DMRT ($p \leq 0.05$).

مطالعات پیشین حاکی از تأثیر مثبت افزایش حجم سلول کشت بر ارتفاع بوته بود. دلیل این امر را به در دسترس بودن آب و مواد غذایی بیشتر برای گیاهچه نسبت داده‌اند (Dragan & Kacja, 2008). به نظر می‌رسد در این تحقیق افزایش حجم سلول اثر عکس داشته است و با توجه به مشاهدات، به نظر می‌رسد دلیل آن پاره شدن ریشه‌ها هنگام خروج از سلول‌های با حجم 100 سی‌سی بوده است. به دلیل حجم زیاد سلول‌های 100 سی‌سی ریشه حجم کل خاک را در بر نگرفته بود و با خروج از ظرف خاک متلاشی و تعدادی از ریشه‌ها پاره شدند.

طول بلال

طول بلال در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ و روش کاشت قرار گرفت (جدول 2). هر چند تفاوت بین پرایم‌ها از لحاظ آماری معنی‌دار بوده ولی حداکثر تفاوت طول بلال‌ها 0/7 سانتی‌متر بود که تفاوت قابل توجهی نیست (جدول 3).

در مقایسه تیمارهای روش کاشت بالاترین طول بلال مربوط به تیمار کشت مستقیم در تاریخ اول و پایین‌ترین طول بلال مربوط به تیمارهای کشت مستقیم دوم و کشت نشائی در سلول 100 سی‌سی بود. همچنین اثرات متقابل پرایمینگ بذر و روش کاشت بر طول بلال تأثیر معنی‌دار داشت. به نحوی‌که بالاترین طول بلال از اثر متقابل تیمار بذر پرایم نشده در کشت مستقیم اول (22/9 سانتی‌متر) به دست آمد (شکل 3). به نظر می‌رسد دلیل اصلی این افزایش طول بلال ناشی از کاهش تراکم بوته در واحد سطح و در نتیجه افزایش منابع در دسترس تک بوته می‌باشد. طول بلال یکی از صفات اصلی تأثیر گذار بر عملکرد دانه است و از طریق تأثیر بر تعداد دانه در ردیف، تعیین کننده میزان دانه تولیدی است. به نظر می‌رسد تراکم پایین‌تر حاصل از کشت مستقیم بذر در تاریخ اول سبب افزایش طول بلال در این تیمار شده است. در تراکم پایین منابع بیشتری در اختیار هر گیاه قرار گرفته و هر بوته با جذب آب و مواد غذایی بیشتر بلال-های بزرگتری تولید کرده است. گزارش شده است که با افزایش تراکم ذرت شیرین از 66 به 100 هزار بوته در هکتار، طول بلال از 18/6 به 16/3 سانتی‌متر کاهش یافت (Spandana, 2012). به نظر می‌رسد کم بودن طول بلال در تاریخ دوم کشت مستقیم به دلیل برخورد مرحله گرده‌افشانی و پر شدن بلال با گرما می‌باشد. والیگورا (Waligora, 1997) گزارش کرد که تأخیر در کشت ذرت شیرین در لهستان سبب کاهش طول بلال و در پی آن کاهش عملکرد شد. مختارپور و همکاران (Mokhtarpuret al., 2008) نیز گزارش دادند با تأخیر کاشت ذرت شیرین از تاریخ سه به 18 تیر طول بلال دو سانتی‌متر کاهش یافت.

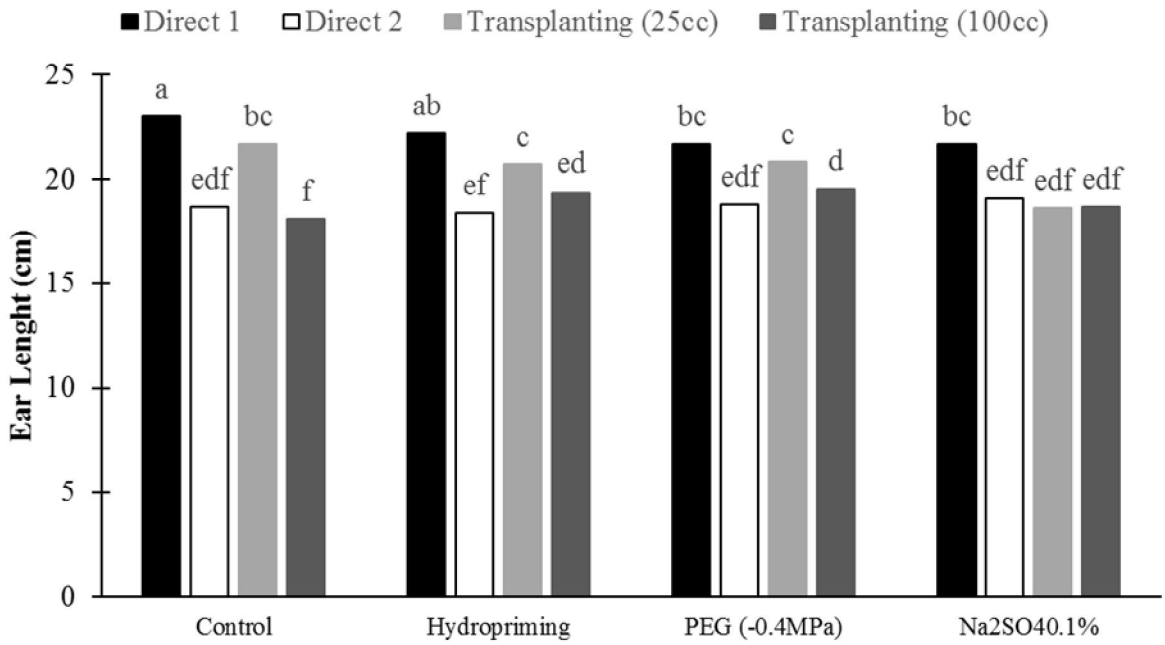
تفاوت معنی‌داری بین دو کشت نشائی مشاهده شد. با توجه به مشاهدات به نظر می‌رسد دلیل این تفاوت تنش وارد شده به نشاءهای تولید شده در سلول 25 سی‌سی در زمان انتقال می‌باشد. ریشه‌های نشاءهای تولید شده در ظرف کوچکتر در زمان انتقال کل خاک را در برگرفته و در زمان خارج کردن از ظرف به صورت کاملاً منسجم باقی می‌ماند در صورتی‌که در ظرف‌های بزرگتر با خارج کردن گیاه از ظرف به دلیل عدم تراکم ریشه خاک ها از ریشه جدا شده و سبب آسیب دیدن ریشه می‌شود و این امر سبب ایجاد تنش به نشاء پس از انتقال به مزرعه می‌شود.

تعداد کل برگ گیاه و تعداد برگ‌های بالای بلال

تعداد برگ‌های گیاه تحت تأثیر تیمار پرایمینگ قرار نگرفتند ولی روش کاشت اثر معنی‌داری بر تعداد برگ و تعداد برگ بالای بلال داشت ($p\leq0.01$) (جدول 2). این تفاوت اگرچه از لحاظ آماری معنی‌دار بود، ولی میزان آن بسیار اندک بود. به نظر می‌رسد این صفت بیشتر تحت تأثیر ژنتیک می‌باشد و شرایط کشت تأثیر قابل توجهی بر آن‌ها نداشته است (Nour-Mohamadi et al., 1997). با این وجود بیشترین تعداد برگ در تیمار کشت نشائی درون سلول‌های 25 سی-سی به دست آمد و تعداد برگ در سلول 100 سی‌سی کمتر از سلول 25 سی‌سی کشت بود. به نظر می‌رسد دلیل این امر آسیب ریشه در زمان انتقال نشاء به مزرعه باشد. مطالعات پیشین نیز حاکی از اثر منفی آسیب ریشه در ذرت بر تعداد برگ‌ها می‌باشد (Dragan & Kacjan, 2008).

تعداد دانه در ردیف

بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 2) صفت تعداد دانه در ردیف تحت تأثیر روش کاشت قرار گرفت. اما اثر متقابل پرایمینگ و روش کاشت بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول 2). بیشترین تعداد دانه در ردیف در تیمار کاشت مستقیم اول (تاریخ 15 خرداد) اختلاف معنی‌داری با کشت نشائی درون سلول 25 سی‌سی نشان نداد (جدول 3).



شکل 3- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمارهای متفاوت پرایمینگ بذر و روش کاشت بر طول بلال ذرت فوق شیرین

Fig. 3- Mean comparison for the interaction of different seed priming and planting methods on ear length of super sweet corn

میانگین‌های دارای حروف مشترک به ازای هر جز در هر ستون به روش دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند ($p\leq0.05$).

Means with the same letters for each component in each column or not significantly different, DMRT ($p\leq0.05$).

کمترین تعداد دانه در ردیف مربوط به تاریخ کشت دوم (10 تیرماه) بود که این امر با نتایج مطالعات آشفته و همکاران (Ashofteh et al., 2011) مطابقت داشت ایشان بیان کردند که تأخیر در کشت سبب کاهش تعداد دانه در ردیف شده است. نتایج جدول همبستگی حاکی از همبستگی مثبت معنی‌داری بین تعداد دانه در ردیف و طول بلال است (جدول 4). تعداد دانه در ردیف تابع طول بلال است با افزایش طول بلال تعداد دانه‌ها در ردیف افزایش می‌یابد.

تعداد ردیف دانه

بر طبق نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول 2) بین تیمارهای مختلف پرایمینگ از نظر تعداد ردیف دانه تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول 2). صفت تعداد ردیف دانه در بلال تحت تأثیر نحوه کشت قرار گرفت. همچنین اثر متقابل پرایمینگ و روش کاشت تأثیر معنی‌داری بر تعداد ردیف دانه نداشت. این صفت در کشت مستقیم اول بالاتر از سایر تیمارها بود و این در حالی است که سایر تیمارها از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. به نظر می‌رسد کم بودن تعداد بوته‌های استقرار یافته و تراکم پایین‌تر عامل اصلی این تفاوت است. در کشت مستقیم اول تعداد بوته‌ها کمتر بود و منابع بین مخازن کمتری تقسیم می‌شد و سهم هر بوته و هر بلال از منابع موجود بیشتر از کشت‌های نشائی بود. کشت مستقیم دوم با وجود تراکم پایین و رقابت پایین بین بوته‌های مجاور، از لحاظ تعداد ردیف دانه به صورت معنی‌داری پایین‌تر از کشت مستقیم اول می‌باشد. به عبارتی تأخیر در کشت سبب کم شدن تعداد ردیف دانه شده است. نتایج مطالعات پیشین تأیید کننده این امر می‌باشند. نتایج آزمایشی در خراسان نشان داد که تأخیر در کشت از تاریخ 15 خرداد به 30 خرداد سبب کاهش تعداد ردیف دانه شده است (Ashofte et al., 2011)

وزن هزار دانه

بر طبق نتایج تجزیه واریانس صفت وزن دانه در بلال تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ و اثر متقابل روش کاشت و پرایمینگ قرار نگرفت.

جدول٤- همبستگی بین برخی خصوصیات فنولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت فوق شیرین

Table 4- Correlation between some of phonological characteristics, yield and yield components of super sweet corn

	طول بلال Ear length	تعداد دانه در ردیف No. kernel per row	تعداد ردیف دانه No. rows per ear	ارتفاع بوته Plant height	تعداد برگ در بوته No. leave per plant	تعداد برگ بالای بلال No. leave above ear	تعداد بوته استقرار یافته Stablished plant	عملکرد کل Total yield	وزن هزار دانه 1000- Kernel weight
طول بلال Ear length	1								
تعداد دانه در ردیف No. kernel per row	0.78^{**}	1							
تعداد ردیف دانه No. rows per ear	-0.19^{ns}	-0.3^{*}	1						
ارتفاع بوته Plant height	-0.54^{**}	-0.46^{**}	0.21^{ns}	1					
تعداد برگ در بوته No. leave per plant	-0.22^{ns}	-0.04^{ns}	-0.11^{ns}	0.22^{ns}	1				
تعداد برگ بالای بلال No. leave above ear	-0.08^{ns}	-0.18^{ns}	0.46^{**}	0.32^{*}	0.24^{ns}	1			
تعداد بوته استقرار یافته Stablished plant	-0.04^{ns}	0.24^{ns}	-0.46^{**}	0.06^{ns}	0.31^{*}	-0.36^{*}	1		
عملکرد کل Total yield	0.14^{ns}	0.37^{*}	-0.26^{ns}	0.12^{ns}	0.29^{ns}	-0.24^{ns}	0.64^{**}	1	
وزن هزار دانه 1000- Kernel weight	0.21^{ns}	0.18^{ns}	0.15^{ns}	0.11^{ns}	-0.03^{ns}	0.15^{ns}	-0.2^{ns}	0.26^{ns}	1

*، ** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج و یک درصد و عدم تفاوت معنی‌دار

*, ** and ns: Are significant at $p \leq 0.05$, $p \leq 0.01$ and not significant, respectively.

اما روش کاشت اثر معنی‌داری بر وزن دانه داشت ($p\leq0.01$) (جدول 2). به طور کلی، وزن هزار دانه در تیمارهای کشت مستقیم بالاتر از کشت نشائی بود. با توجه به جدول 3 تیمارهای کشت مستقیم در یک گروه آماری قرار داشتند و تیمارهای کشت نشائی نیز در گروه مشابه هم قرار داشتند. بالاتر بودن وزن دانه در کشت مستقیم مربوط به تراکم پایین‌تر بوته در کشت مستقیم می‌باشد. زمانی که تعداد بوته‌ها کمتر باشند در واقع مصرف‌کننده منابع موجود کمتر است و منابع بیشتری در اختیار مخازن باقی‌مانده است. محققین گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته وزن هزار دانه در ذرت کاهش می‌یابد (Williams et al., 1965).

عملکرد دانه

بر طبق جدول 2 عملکرد دانه در هکتار تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ و اثر متقابل پرایمینگ و روش کاشت واقع نشد. حال آن‌که اثر تیمار روش کشت بر عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار شد. به طور کلی عملکرد در تیمارهای کشت نشائی بالاتر از کشت مستقیم در هر دو تاریخ بود. بالاترین عملکرد دانه به میزان 10/11 تن در هکتار مربوط به تیمار کشت نشائی در سلول 25 سی‌سی بود، کشت نشائی درون سلول 100 سی‌سی با تفاوت 650 کیلوگرم در هکتار پس از کشت نشائی درون سلول 25 سی‌سی رتبه دوم عملکرد را دارا بود. پایین‌ترین عملکرد با میزان 6/5 تن دانه در هکتار مربوط به تیمار کشت مستقیم تاریخ 10 تیر ماه یعنی تاریخ انتقال نشاء به زمین اصلی بود.

بر طبق نتایج جدول 4 عملکرد کل بیشترین همبستگی را با تعداد بوته استقرار یافته داشت. به عبارتی مهمترین عامل برتری عملکرد کشت نشائی به کشت مستقیم تعداد بوته استقرار یافته بیشتر در کشت نشائی نسبت به کشت مستقیم می‌باشد. برخی از محققان بیان کردند تراکم مناسب و یکنواختی فاصله گیاهان نسبت به هم در کشت نشائی سبب افزایش کارایی مصرف از نهاده‌ها و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود (Di Benneto & Rattin, 2008).

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد پرایمینگ بذر در سطح مزرعه تأثیر قابل توجهی بر گیاه ذرت فوق شیرین نداشت اما می‌توان برای تولید نشاء در گلخانه پرایمینگ را توصیه نمود. که در بین آن‌ها هیدروپرایمنگ برای تولیدکنندگان به صرفه‌تر می‌باشد. به طور کلی، نشاءکاری از طریق برطرف نمودن مشکل بد سبزی و استقرار مطلوب ذرت فوق شیرین و افزایش تعداد بوته استقرار یافته در واحد سطح عملکرد را حدود سه تا چهار تن در هکتار نسبت به کشت مستقیم بذر افزایش داد. از طریق افزایش عملکرد با میزان آب ثابت در واقع در مصرف آب نیز صرفه‌جویی شده و کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد.

منابع

Aboutalebian, M.A., Zare Ekbatani, G., and Sepehri, A. 2012. Effects of on-farm seed priming with zinc sulfate and urea solutions on emergence properties, yield and yield components of three rainfed wheat cultivars. Annals of Bioligical Research 3(10): 4790-4796.

Afzal, I., Ahmad, N., Basra, S., Ahmad, R., and Iqbal, A. 2002. Effect of different seed vigour enhancement techniques on hybrid maize (*Zea mays* L.). Pakistan Journal of Agricultural Sciences 39: 109-112.

Ashofteh, M., Khavari Khorasani, S., Shojaei, H., Dadresan, M., Mostafavi, K., and Golbashy, M. 2011. A study on effects of planting dates on growth and yield of 18 corn hybrids (*Zea mays* L.). American Journal of Experimental Agriculture 1(3): 110-120.

Ashraf, M., and Foolad, M.R. 2005 Pre-sowing seed treatment-a shotgun Approach to improve germination, plant growth, and crop yield under saline and non-saline conditions, in: L.S. Donald (Ed.), Advances in Agronomy, 88: 223-271.

Bodsworth, S., and Bewley, J.D. 1981. Osmotic priming of seeds of crop species with polyethylene glycol as a means of enhancing early and synchronous germination at cool temperatures. Canadian Journal of Botany 59: 672-676.

Bradford, K.J. 1995. Water relations in seed germination. In: Journal of Kigel, Seed Development and Germination 1: 351-396.

David, W.S. 2015. Growing sweet corn in home gardens. The University of Tennessee.https://extension.tennessee.edu/publications/Documents/SP291-E.

Demir, I., and Mavi, K. 2004. The effect of priming on seedling emergence of differentially matured watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum and Nakai) seeds. Scientia Horticulturae 97: 229-237.

Di Benedetto, A., and Rattin, J. 2008. Transplant in sweet maize: A tool for improving productivity. American Journal of Plant Science and Biotechnology 2(2): 96-108.

Di Benedetto, A., Molinari, J., and Rattin, J. 2006. The effect of transplant in sweet maize (*Zea mays*). Container root restriction. International Journal of Agricultural Research 1: 555-563.

Dragan, Z., and Kackjan, N. 2008. Corn salad (*Valerinella olitoria* L.) yield response to cell size of plug trays. Acta Agriculture Slovenica 91(1): 59-66.

Eskandarnejad, S., Khavari Khorasani, S., Bakhtiari, S., and Heidaria, A. 2013. Effect of row spacing and plant density on yield and yield components of sweet corn (*Zea mays* L.) varieties. Advanced Crop Science 3(1): 81-88.

Fanadzo, M., Chiduza, S., and Mnkeni, P.N.S. 2010. Comparative performance of direct seeding and transplanting green maize under farmer management in small scale irrigation: A case study of Zanyokwe, Estern Cape, South Africa. African Journal of Agricultural Research 5(7): 524-531.

Farooq, M., Basra, S., Afzal, I., and Khaliq, A. 2006. Optimization of hydropriming techniques for rice seed invigoration. Seed Science and Technology 34: 507-512.

Farooq, M., Basra, S., Tabassum, R., and Afzal, I. 2006. Enhancing the performance of direct seeded fine rice by seed priming. Plant Production Science 9: 446-456.

Hadas, A. 1976. Water uptake and germination of leguminous seeds under changing external water potential in osmotic solutions. Journal of Experimental Botany 27: 480-489.

International Seed Testing Assocciation. 2009. International rules for seed testing association 33: 335-339.

Kaukis, K., and Davis, D.W. 1998. Sweet corn breeding. Breeding Vegetable Crops 475-519.

Khajeh-Hosseini, M., Haghighi Khah, M., and Gheshm, F. 2016. Cotton transplanting, approach of saving water in Iran. Iran's Agriculture Jihad, Mashhad, Iran 218 pp. (In Persian)

Khajeh-Hosseini, M., Lomholt, A., and Matthews, S. 2009. Mean germination time in the laboratory estimates the relative vigor and field performance of commercial seed lots of maize (*Zea mays* L.). Seed Science and Technology 37: 446-456.

Khalid, E., Hamed, A.E., Elwan, M., and Shaban, W. 2012. Enhanced sweet corn propagation: Studies on transplanting feasibility and seed priming. Vegtable Research Bulletin 75: 31-50.

Khehra, A., Brar, H., Sharma, R., Dhillon, B., and Malhotra, V. 1990. Transplanting of maize during the winter in India. Agronomy Journal 82: 41-47.

Lashkari, M., Madani, H., Ardakani, M.R., Golzardi, F., and Zargari, K. 2011. Effect of plant density on yield and yield components of different Corn (*Zea mays* L.) hybrids. Journal of Agricultural and Environmental Science 10(3): 450-457.

Manzari Tavakoli, A., and Khajeh-Hosseini, M. 2015. Evolution of effects of volume size and seedbed in tray on transplant characteristics and yield of sweet corn. MSc thesis. Ferdowsi university of Mashhad, Mashhad, Iran (In Persian)

McDonald, M.B., Sullivan, J., and Lauer, M.J. 1994. The pathway of water uptake in maize seeds. Seed Science and Technology 22: 79-90.

McDonald, M.B. 1998. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology 27: 177-237.

Menasha, S.R., and Tignor, M.E. 2004. Plug tray cell volume effect on sweet corn transplant root architecture and biomass accumulation. Horticultural Science 39(4): 865-875.

Mokhtarpur, H., Mosavat, A., Feyzbakhh, M., and Saberi, A. 2008. Effects of planting date and density on sweet corn yield. Journal of Crop Production 1(1): 101-113. (In Persian with English Summary)

Murray, G.A. 1990. Priming sweet corn seed to improve emergence under cool conditions. Horticulture Science 25(2): 231.

Murungu, F., Nyamugafata, P., Chiduza, C., Clark, L., and Whalley, W. 2003. Effects of seed priming, aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.). Soil and Tillage

Research 74: 161-168.

Nour-Mohamadi, G., Siadat, A., and Kashani, A. 1997. Agronomy, Cereal Crops. Shahid Chamran University Publication, Ahvaz, Iran 446 pp. (In Persian)

Omidi, H., Soroushzadeh, A., Salehi, A., and Ghezeli, F.D. 2005. Rapeseed germination as affected by osmopriming pretreatment. Iranian Journal Agriculture Science Technology 19: 125-136. (In Persian)

Rattin, J., Di Benedetto, A., and Gomatti, T. 2006. The effects of transplant in sweet maize (*Zea mays* L.) growth and yield. Journal of Agricultural Research 1(1): 58-67.

Schemidt, D.H., and Tracy, W.F. 1988. Endosperm type, inbred background and leakage of seed electrolytes during imbibition in sweet corn. Journal of the American Society for Horticultural Science 113: 269-272.

Singh, A., Aggarwal, N., Singh Aulakh, G., and Hundal, R.K. 2012. Ways to maximize the water use efficiency in field crops- A review. Greener Journal of Agricultural Sciences 2(4): 108-129.

Spandana, P. 2012. Response of sweet corn hybrid to varying plant densities and nitrogen levels. African Journal of Agricultural Research 7(46): 6158-6166.

Waligora, H. 1997. The influence of sowing terms on vegetation period and morphological characters of sweet corn. Prace Zarkresu Nauk Rolniczych 83: 135-40.

Wann, E.V. 1986. Leaching of metabolites during imbibition of sweet corn seed of different endosperm genotypes. Crop Science 26(4): 731-733.

Williams, W.A., Loomis, R.S., and Lepley, C.R. 1965. Vegetative growth of corn as affected by population density. I: productivity in relation to interception of solar radiation. Crop Science 5: 211-214.

Xiao, C., Wang, X., Xia, J., and Liu, G. 2010. The effect of temperature, water level and burial depth on seed germination of *Myriophyllum spicatum* and *Potamogeton malaianus*. Aquatic Botany 92: 28-32.

Journal of Agroecology
Vol. 8, No. 4, Winter 2017, p. 628-643

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد 8، شماره 4، زمستان 1395، ص. 643-628

The Effect of Seed Priming and Transplanting on Morphological Characteristics, Yield and Yield Components of SuperSweet Corn

M. HaghighiKhah[1], M. Khajeh Hosseini[2*], M. Nassiri Mahallati[3] and S. Khavari Khorasani[4]

Submitted: 27-05-2016
Accepted: 02-07-2016

HaghighiKhah, M., Khajeh Hosseini, M., Nassiri Mahallati, M., and Khavari Khorasani, S. 2017. The effect of seed priming and transplanting on morphological characteristics, yield and yield components of supersweet corn. Journal of Agroecology 8(4): 628-643.

Introduction

Corn (*Zea mays* L.) is the third most important cereal crop in the world after wheat and rice (Lashkari et al., 2011). Corn production has been extended in to the whole world during the course of the last century due to its compatibility. It has more diversity compare to other cereal. Many corn types are cultivated, including field corn, ornamental corn, popcorn, sweet corn and several different supersweet corns. Sweet corn, considered a vegetable, is a special type of corn with particular characteristics, such as sweet taste, thin pericarp and endosperm with delicate texture, and high nutritional value. It is destined exclusively for human consumption, in fresh form or in processed foods, whereas the straw can be used for silage after harvest (Santos et al., 2014). Sweet corn seeds germinate slowly and exhibit poor seedling vigour. Poor germination in sweet corn has been attributed to low seed vigour and susceptibility to seed and soilborne diseases (Ratin et al., 2006). Seed priming is the one of efficient method to improve germination and emergence. In addition, transplanting provides optimal environmental conditions for seed germination and avoids planting seeds in disease-contaminated soil (Khalid et al., 2012).

Materials and methods

To investigate the effect of seed priming and transplanting on morphological characteristics, yield and yield components of supersweet corn a series of greenhouse and field experiments were conducted in a factorial based design on a randomized complete block in 2013. This experiment was conducted in the greenhouse to determine the best seed priming treatments. The treatments were hydro priming, Poly ethylene glycol (6000) -0.4 and -0.8 MPa, Sodium Sulphate 0.1 and 0.5%, Zinc Sulphate 1 and 0.5%, Copper Sulphate 0.1 and 0.5% and Control for 36 hours. After that the seeds washed by distillated water and dried back in laboratory conditions. Then treated seeds were sown in trays that contained by cocopeatand vermicompost. The emerged seeds were counted daily for fourteen days. Based on mean emergence time (MET) and percentages of emergence, the best priming treatments were selected to prime the seeds for transplant production and direct sowing in the field experiment. The factors for field experiment included four treatments of seed priming (hydropriming, polyethylene glycol (PEG) -0.4 MPa, sodium sulfate 0.1% and control) and planting methods in four levels (transplanting the seedlings grown in two different cell sizes (25 ml and 100 ml) and two direct seeding dates (the first one was at the time of planting seeds in the trays (5th June) and the second was at the time of transplanting to the field (26th June)). The determined parameters were established plants, plant height, number of leave, number of leave above ear, ear length, number of rows per ear, number of kernel per row, 1000 seeds weight and grain yield.

Results and discussion

The results of greenhouse experiment showed that the highest and the lowest amount of mean emergence time related to control and Sodium Sulphate 0.1% respectively. The highest percent of emerged plant (94%) was observed in the hydropriming treatment while there was no significant difference between hydropriming, Sodium Sulphate 0.1 % and Polyethylen Glycol -0.4 MPa. Therefore, hydropriming, Sodium Sulphate 0.1 % and Polyethylen Glycol -0.4 MPa alongside control were used to prime the seeds sowing in order to produce

1, 2, 3 and 4- PhD Student, Associate Professor and Professor, Department of Agronommy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashahd and Assistant Professor of Agricultural Research Organization, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: saleh@ferdowsi.um.ac.ir)
DOI: 10.22067/jag.v8i4.55982

transplants for the field experiment for further investigation. The results of the field experiment showed that seed priming had no effect on the studied traits in the field. Planting methods had significant effect on crop establishment, plant height, number of leave, number of leave above ear, ear length, number of rows per ear, number of kernel per row and the grain yield. The highest and lowest grain yield were recorded for transplanting in 25 CC cell sizes (10.11 $t.ha^{-1}$) and direct seeding in 26th June (6.5 $t.ha^{-1}$) respectively. The result showed there was a high correlation (r =0.64**) between number of established plants and grain yield.

Conclusion

Priming was not useful in field, but farmers could use seed priming to produce seedlings. It seems that the most important benefit of transplanting is obtaining high value of plant establishment in order to achieve optimum plant density.

Keywords: Hydropriming, Emergence, Osmopriming, Planting method

References

Lashkari, M., Madani, H., Ardakani, M.R., Golzardi, F., and Zargari, K. 2011. Effect of plant density on yield and yield components of different Corn (*Zea mays* L.) hybrids. Journal of Agricultural and Environmental Science 10(3): 450-457.

Rattin, J., Di Benedetto, A., and Gomatti, T. 2006. The effects of transplant in sweet maize (*Zea mays* L.) growth and yield. Journal of Agricultural Research 1(1): 58-67.

Santos, D.P.H.A.D., Pereira, M. G., Trindade, R.D.S., Cunha, K.S., Entringer, G.C., and Vettorazzi, C.F. 2014. Agronomic performance of super-sweet corn genotypes in the north of Rio de Janeiro. Crop Breeding and Applied Biotechnology 14: 8-14.

زراعت کم آب در ایران : راهبردها و کاربردها

تهیه و تدوین : دکتر علیرضا کوچکی ، دکتر محمد خواجه حسینی
اساتید دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

تو بر کنار فراتی ، ندانی این معنی
به راه بادیه دانند قدر آب زلال

کمبود آب واقعیتی است انکارناپذیر و همچنین اجتناب ناپذیر ولی بی آبی حقیقتی است کاملاً اجتناب ناپذیر که البته اجتناب از آن جز در سایه تدبیر و دوراندیشی و با اتکا به مبانی علمی و بهره گیری از خرد جمعی و عزم ملی در جهت مدیریت یکپارچه آب میسر نخواهد شد . راهکارها و راهبردها برای حصول چنین هدفی می تواند با بستر سازی فرهنگی ، جامعه شناسی و گفتگوی ملی آغاز شده و متعاقب آن رهیافتهای فنی به اجرا گذاشته شود.

در دنیای کنونی تامین امنیت بدون دسترسی به آب کافی میسر نیست و امنیت آب حیاتی تر از امنیت غذایی است . امروز مناسبات جدید بین المللی با محوریت آب در حال شکل گیری است و این مایه حیاتی می رود که به عنوان ابزاری برای پیشبرد مقاصد سیاسی کشورهای سیراب در آورده شود و بدون تردید در آینده آب به عنوان کالایی اساسی در فرمول ها و معادلات اقتصادی و محاسبات مربوط به تولید ناخالص ملی و بالاخره در شاخص های توسعه یافتگی کشورها در خواهد آمد و در نتیجه آنانی که سیراب ترند توسعه یافته تر نیز تلقی می شوند . این نوشتار بر محوریت کم آبی استوار است و برای آن دو محور در نظر گرفته شده است که در محور نخست راهبردها و رهیافتها و مبانی نظری و در محور دوم کاربردها و کاربری ها و مبانی تجربی و کاربردی مربوط به آب آورده شده است.

هر فصل از کتاب توسط یک یا چند نفر نگارش شده و در جمع 16 فصل آن در 599 صفحه توسط 21 نفر از اساتید دانشگاه و پژوهشگران مراکز پژوهشی کشور به رشته تحریر درآمده است . هدف ویراستاران کتاب بر چند اصل مهم زیر استوار بوه است : (1) دیدگاه های جامع و فراگیر در مدیریت آب در زنجیره ای طولانی از محل شکل گیری آن به شکل باران با تجزیه و تحلیل های اقلیمی تا محل مصرف آن در قالب آب مجازی در سفره ها و میزهای غذا (2) تاکید هرچه بیشتر بر یافته ها و نتایج پژوهشهای ملی و محلی (3) تاکید بر مدیریت آب در مقیاس های خرد و کلان از حوضه های آبخیز تا مزرعه (4) تاکید ویژه بر مدیریت آب در مقیاس بوم نظامهای زراعی با نگاهی خاص به افزایش کارآبی و بهره وری آب (5) ارائه روش ها و الگوهای نوین موجود در مدیریت آب برای انواع قابل استفاده آن شامل سبز ، آبی ، خاکستری . باید اذعان نمود که علیرغم آنچه ذکر شد دراین نوشتار جای خالی تجزیه و تحلیل های جامعه شناختی و اجتماعی در مدیریت آب به آن گونه که شایسته و بایسته است همچنان خالی است و بدون تردید در چاپ های بعدی این موضوع بسیار مهم مدنظر قرار داده خواهد شد . امید است نوشتار حاضر بتواند در جهت اطلاع رسانی و آگاهی بخشیدن به همه ذینفعان که در واقع کل جامعه را در بر می گیرد و به خصوص سیاست گزاران و مدیران حوزه آب ، جامعه علمی و پژوهشگران مثمر ثمر واقع افتد . این کتاب توسط جهاد دانشگاهی مشهد منتشر شده است.

Contents

Quality and Quantity of Yield and Land Equivalent Ratio of Sunflower in Intercropping Series with Bean 490
J. Hamzei and M. Babaei
Comparison of Efficiency of Different Equations to Estimate the Water Requirement in Saffron (*Crocus sativus* L.) (Case Study: Birjand plain, Iran) 505
M. Ahmadee, A. Khashei Siuki and M.H. Sayyari
The Effect of Irrigation Cut-off in Flowering Stage and Foliar Application of Spermidine on Essential Oil Quantity and Quality of Three Ecotypes of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) 521
S. Bakhtari, G.R. Khajoei Nejad and G. Mohamadi Nejad
The Effect of Crop Residue and Different NPK Fertilizer Rates on yield Components and Yield of Wheat (*Triticum aestivum* L.) 536
F. Khamady, M. Mesgarbashy, P. Hassiby, M. Farzaneh and N. Enayatzamir
Effect of Biological and Chemical Fertilizers on Oil, Seed Yield and some Agronomic Traits of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Different Irrigation Regimes 551
H.R. Fanaei, A. Azmal and I. Piri
The Effect of Mycorrhizal Fungi and Humic Acid on Yield and Yield Components of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) 567
H. Veysi, G.R. Heidari and Y. Sohrabi
The Effect of Vermicompost and Mycorrhizal Inoculation on Grain Yield and some Physiological Characteristics of Soybean (*Glycine max* L.) under Water Stress Condition 583
E. Jahangiri Nia, A. Syyadat, A. Koochakzadeh, M. Sayyahfar and M.R. Moradi Telavat
The Effect of Different Fertilizer Management on Yield and Yield Components of Black Seed (*Nigella sativa* L.) 598
P. Rezvani Mogaddam, S.M. Seyedi and M. Azad
Economic Value of Agroecosystem Services within Wheat (*Triticum aestivum* L.) Fields in Khorasan Razavi Province 612
A. Koocheki, M. Nassiri Mahallati, A. Amin Ghafouri, M. Mahlojirad and F. Fallahpour
The Effect of Seed Priming and Transplanting on Morphological Characteristics, Yield and Yield Components of Super Sweet Corn (*Zea mays* L. var. saccharata) 628
M. HaghighiKhah, M. Khajeh Hosseini, M. Nassiri Mahallati and S. Khavari Khorasani